

الزراعة بدون أرض

تقنيات الغشاء المغذي

NUTRIENT FILM TECHNIQUE

أ. د. ماهر جورجاني نسيم

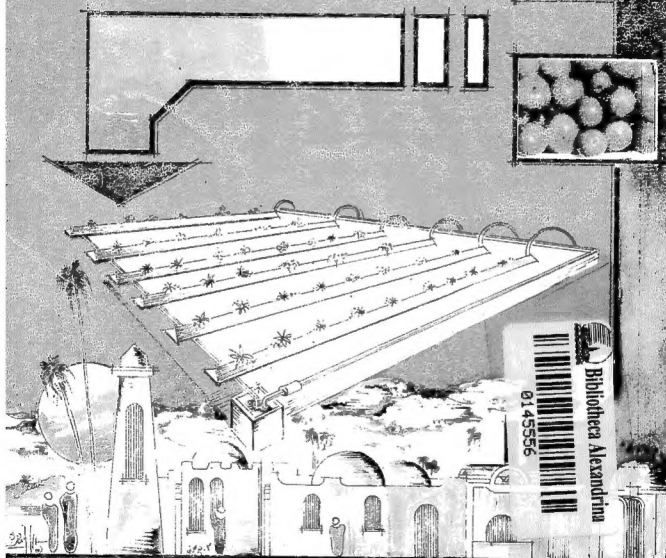
كلية الزراعة

جامعة الإسكندرية

أ. د. عبد المنعم بلبع

كلية الزراعة

جامعة الإسكندرية



الطبعة الأولى: ٢٠٠٢
مطبعة جامعة الإسكندرية

الناشر منشأة المعارف بالاسكندرية

جلال هزى وشركاه

٥٤ من سعد زغلول الاسكندرية تليفون/فاكس : ٤٨٣٣٣٠٣

الزراعة بدون أرض

تقنيات الغشاء المغذي

NUTRIENT FILM TECHNIQUE

أ. د. ماهر جورج نصيم

كلية الزراعة
جامعة الإسكندرية

أ. د. عبد المنعم بلبع

كلية الزراعة
جامعة الإسكندرية

الناشر // منشأة المعارف بالإسكندرية
جمال حمزى وشركاه

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

محتويات الكتاب

الباب الأول

تعريف الزراعة بدون أرض

صفحة

١٩	عرض لتطور الزراعة بدون أرض
٢٧	طرق الزراعة بدون أرض
٢٧	الهيدروپونيكس
٣٧	اليقاع الحاملة
٤٥	الغشاء المغذى

الباب الثاني

كيف يتغذى النبات

٥١	التركيب الكيميائي للنبات
٥٥	العناصر الضرورية لتغذية النبات
٦٧	امتصاص النبات للعناصر المغذية
٧٣	الحايل المغذية في تقنيات الغشاء المغذى

الباب الثالث

نظام الغشاء المغذى

٩٧	الوصف العام
٩٩	مكونات نظام الغشاء المغذى
١٠٣	مقارنة التدفق من خزان علوى بالضغط المباشر
١٠٦	ترشيح الماء
١٠٧	تفريغ نظام الغشاء المغذى
١٠٨	دوران المحلول المغذى
١١١	سمية المواد المستعملة

١١٣	قنوات الغشاء المغذى
١٣١	تثبيت النباتات الصغيرة فى القنوات
١٣٥	استعمال حصيرة شعرية فى القنوات
١٣٦	استهلاك النباتات من الماء
١٣٨	تقنية الغشاء المغذى كطريقة للرى
١٤٠	نزع الجذور وتثبيت النتروجين

الباب الرابع

خدمة وحدات الزراعة بالغشاء المغذى

١٤٥	متابعة وضبط المحلول المغذى
١٤٥	درجة حموضة المحلول المغذى
١٥٦	درجة تركيز المحلول المغذى
١٧٤	التحكم الأوتوماتيكى فى درجتى الحموضة والتركيز
١٧٦	متابعة دوران المحلول المغذى
١٧٩	حرارة المحلول المغذى
١٩٣	متابعة الحالة الغذائية للنباتات
١٩٣	تشخيص نقص العناصر المغذية
١٩٨	تحليل الأنسجة النباتية
٢٠٦	التسميد بثائق أو كسيد الكربون
٢١٦	منظومات النمو
٢٢٠	البيوت الزراعية (الصوبات)
٢٢٨	اعداد الشتلات
٢٣٠	زراعة الأنسجة
٢٥٢	الإصابة بالأمراض ومكافحتها

الباب الخامس

استخدامات تقنيات الغشاء المغذى

٢٥٩	انتاج نباتات القصارى
٢٦١	التحكم الكامل فى ظروف النمو
٢٦٤	قنوات الغشاء المغذى الرأسية
٢٦٦	انتاج الأصول المقسمة
٢٦٧	الاستخدام المنزلى للغشاء المغذى
٢٧٢	الغشاء المغذى فى الحدائق المنزلية
٢٧٧	انتاج الأبصال والمسطحات الخضراء
٢٧٩	انتاج نباتات الزينة والدوائية
٢٨١	انتاج بعض حاصلات الخضر بنظم الغشاء المغذى
٢٩٥	نظام الغشاء المغذى وتسويق المنتجات
٢٩٦	استخدام الغشاء المغذى فى انفاق الفراولة
٢٩٧	انتاج علائق الحيوانات
٣٠١	استخدام قنوات الغشاء المغذى فى ظروف صعبة
٣٠٥	زراعة الأشجار تحت ظروف نمو ملائمة
٣٠٧	انتاج المطاط والصمغ
٣٠٨	انتاج مصادر الطاقة
٣١٠	تنقية المياه

الباب السادس

مستقبل تقنيات الغشاء المغذى

٣١٧	تقنيات الغشاء المغذى الأصلية
٣١٨	الجيل الثانى من تقنيات الغشاء المغذى

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة الكتاب

كان نقل التقنيات الحديثة في مجال الزراعة أحد أهدافنا الدائمة امتدادا لنشاطنا الأصلي بالجامعة ، ولتحقيق هذا الهدف كانت كتبنا « خصوبة الأراضى والتسميد » و« استصلاح وتحسين الأراضى » و« فحص الأراضى » التى أستهدفت بالإضافة إلى الناحية الأكاديمية توضيحا للتقنيات الحديثة المتبعة فى هذه المجالات بحيث يستطيع القارئ الممارس للزراعة الاستفادة منها فضلا عن دارسى علم الأراضى .

وبعد أن سلكت مصر طريق الانفتاح الاقتصادى ، انعكس ذلك على المجال الزراعى ، فالزراعة نشاط اقتصادى أولا وأخيرا ، فكان انتشار البيوت الزراعية (الصوبات) على اختلاف مستوياتها التقنية من أوضح ما يتميز به النشاط الزراعى فى السنوات العشر الأخيرة ، وإذا كنا قد تأخرنا بعض الوقت فى إصدار كتابنا « الزراعة المحمية » إلا أنه خطوة للحاق بالتقنيات الحديثة التى ذاعت فى العالم الخارجى شرقه وغربه خصوصا بعد أن دخل العالم العربى هذا الميدان ، وكان هدفنا منه أن يجهذ ممارسو هذا النشاط بمصر والبلاد العربية وصفا دقيقا لعملياته المختلفة .

وحرصنا ألا تأخر فى مجال « الزراعة بدون أرض » وقد انتشرت تقنياتها فى الغرب المتقدم ، ولذا بادرنّا بإصدار كتابنا هذا حتى يجهذ الطريق لهذه التقنيات الزراعية المتقدمة التى تعتبر وسيلة فعالة فى زيادة إنتاج الغذاء بصفة عامة وفى البيوت الزراعية بصفة خاصة ، وقد أشرنا إلى هذه التقنية فى كتابنا « الزراعة المحمية » غير أننا شعرنا أن هذا الموضوع وقد حقق فى السنوات الأخيرة تقدما كبيرا يستلزم كتابا خاصا يصف تفاصيل هذه التقنيات بشكل مبسط لا يصعب على أى مشغل بالزراعة متابعتها وتفهمه خصوصا وأن فى مصر والعالم

لعمري يوتا زراعية — صوبات — تستخدم تقنيات متقدمة منها الزراعة بدون أرض كما هو حادث فعلا ومنذ عدة سنوات بالكويت وغيرها من دول الخليج .

وسوف يلاحظ القارئ في كتابنا الحالي « الزراعة بدون أرض » أننا قد أعطينا لتقنيات الغشاء المغذي "NFT" Nutrient Film Technique مكانا فسيحا ، وذلك لأن هذه التقنيات قد أثبتت نجاحها من عدة نواح من بين طرق الزراعة بدون أرض .

— فقد تغلبت على مشكلة تهوية الجذور التي تعترض نجاح الزراعة في المحاليل « الهيدرونيكس » ،

— أن إنتاجية النباتات بهذه الطريقة تزيد كثيرا عن إنتاجيتها بالتربة والمواد الخاملة مما يبرر استخدامها ويعوض ما ينفق على تنفيذها ،

— أن احتمالات تطويرها كبيرة حتي أن شركة كبرى مثل « جنرال موتورز » تخطط لاستخدامها في سفن الفضاء .

وقد أوضحنا في باب خاص من كتابنا الاستخدامات الناجحة لتقنيات الغشاء المغذي ، وما على القارئ إلا أن يلقى نظرة سريعة على قائمة هذه الاستخدامات ليعرف أنه يمكن أن تستخدم في جميع أنواع النشاط الزراعي التجاري والتزيين (الديكور) المنزلي ، ويعتبر العاملون في مجال نباتات الزينة من أكثر الطوائف استخداما لهذه الطريقة .

وسوف يتبادر إلى ذهن القارئ تساؤل هام وهو ما الذي يدعو إلى استخدام تقنيات الغشاء المغذي — باعتبارها أكثر طرق الزراعة بدون أرض نجاحا — والعزوف عن استخدام الأراضي الزراعية ، وهل يعني شيوع تقنيات الغشاء المغذي تبوير الأرض وعدم استزراعها ؟؟

وللإجابة على هذا التساؤل نقول إنه أصحاب البيوت الزراعية (الصوبات) يعرفون أن الزراعة بأرض هذه البيوت أمر غير مضمون ويقتضي

تُعقم التربة بعد كل محصول تجنباً لما تحتويه من مسببات الأمراض وتجهيز وسائل للرى وأخرى للصرف فضلاً عن أن خواص التربة نفسها قد لا تكون ملائمة ، وكثيراً ما يلجأ أصحاب هذه البيوت إلى استبدال الأرض بالمواد الحاملة .

ونظام الغشاء المغلدى بتجهيزاته يتجنب كل متاعب التربة ويزيد انتاجه كثيراً عن انتاجية التربة وكذا عن انتاجية البيئات الحاملة فضلاً عن أنه يتخلص تماماً من تجهيزات الرى والصرف بمختلف أنواعها وتكلفتها . ولذلك فإن أصحاب البيوت الزراعية هم أهم الطوائف التى استخدمت الغشاء المغلدى فى إنتاجها .

ويلجأ إلى نظام الغشاء المغلدى فى حالات الحاجة إلى إنتاج الخضرا فى المناطق النائية حيث لا تتوفر الظروف المناسبة لإنتاج الخضرا بالطرق المعتادة خصوصاً حول المناجم وآبار البترول وقد لجأ الجيش الأمريكى إلى استخدام هذا النظام لإنتاج الخضرا لتغذية جنوده باليابان بعد أن لوحظ أن الخضرا التى تشتري من السوق مريضة بآباء المجارى وناقلة لبعض الأمراض .

كما أن إنتاج العلائق الخضراء على مدار السنة وفى الأجواء غير الملائمة باستخدام الغشاء المغلدى لتغذية قطعان الأبقار أصبح وسيلة شائعة فى بعض البلاد العربية .

أما أن شيوع تقنيات الغشاء المغلدى تعنى العزوف عن استزراع الأرض وتبويرها فأمر غير متوقع ، وستظل الأراضي الزراعية المصدر الرئيسى للإنتاج الزراعى .

وكتابنا الحالى — الزراعة بدون أرض — يصف بإسهاب الأسس التى تقوم عليها تقنيات الزراعة بدون أرض بوجه عام وتقنيات الغشاء المغلدى « NFT » بصفة خاصة . وقد أفردنا باباً خاصاً لما يتصل بتغذية النبات من المحاليل وتجهيز هذه المحاليل المغذية مع التركيز على الناحية التنفيذية ، كما أفردنا باباً آخر لمتابعة

المحلول المغذى طوال فترة نمو النبات حتى يظل ييفة ملائمة للنبات وقادرة على تغذيته . ومتابعة الحالة الغذائية في النبات نفسه سواء بمتابعة وملاحظة ما قد يظهر على النبات من أعراض ظاهرية أو بتحليل أوراق النبات للتعرف إلى ما قد يكون ناقصا من العناصر عن الحد الضرورى أو ما يكون زائدا عن حد احتمال النبات لهذه الزيادة ، وقد راعينا سواء في إجراء التقديرات الضرورية لمتابعة المحلول الغذائى أو لمتابعة حالة النبات الغذائية شرح طرق التقديرات دون الخوض في النواحي الأكاديمية المتخصصة .

كما أفردنا بابا خاصا لإعداد شتلات النباتات التى سوف تكمل حياتها بأى طريقة من طرق الزراعة بدون أرض ، وأعطينا في هذا الباب قسطا وافرا من اهتمامنا لإحدى التقنيات الحديثة الهامة والتى سبقنا الغرب المتقدم إليها وأصبحت تمارس على نطاق تجارى — فضلا عن البحوث العلمية — منذ عدة سنوات ألا وهى « زراعة الأنسجة » وقد بدأت مصر ممارسة هذه التقنية على نطاق تجريبى وتطبيقى في بعض جامعاتها ، والأمل كبير بإذن الله أن يزداد الاهتمام بهذه التقنيات حتى يصبح استخدامها على نطاق تجارى واقعا يؤكد عزم الزراع المصريين والعرب على التقدم بمهنة الزراعة إلى مستوى التقنيات المعاصرة .

والكتاب الحالى — الزراعة بدون أرض — ثمرة قراءات ومشاهدات بمصر وبعض الدول العربية والولايات المتحدة الأمريكية ، وقد اعتمدنا فيما أوردنا فيه من بيانات ونتائج التجارب والخبرات على ما نشره دكتور الن كوبر Dr. Allen Cooper مدير تقنيات الغشاء المغذى بانجلترا Managing Director of Nutrient Film Technology Ltd. والذي يعتبر المصدر الأساسى لكل ما يتصل بتقنيات الغشاء المغذى لطول ممارسته له وكثرة ما نشره عنه سواء في كتابه Nutrient Film Technique أو في الدوريات العلمية المتخصصة . وكذا دكتور A. H. Phillips وما نشره على مدى سنوات طويلة وكتابه عن البستنة بدون

أرض Gardening Without Soil هذا بالإضافة إلى عدد من المراجع المتخصصة في المجالات ذات الصلة الوثيقة بالموضوع الأصلي للكتاب سواء في تغذية النبات أو غيره من المجالات .

وقد حرصنا على الدقة العلمية وسهولة التعبير مع البعد عن التفاصيل التي لا تهم غير الدارسين المتخصصين ، فتحن نكتب للزراع المتور الذي أدخل أكثر البيوت الزراعية تقدما ، ولم يشط عزمه أن الزراعة التي يمارسها الملايين من حوله زراعة متخلفة تمارس طرقا وتقنيات قديمة ، وهذا الأساسى هو إتاحة الفرصة لمؤلاء الزراع والرواد للتعرف إلى تقنية زراعية حديثة .

ونحن إذ نقدم هذا الكتاب للمكتبة العربية نرجو أن نكون قد وقفنا لما قصدنا إليه وأن نكون قد أدينا أمانة قبلنا حملها والاضطلاع بها منذ قبلنا العمل بالسلك الجامعى بأن نكون وسطاء لنقل المعرفة والتقدم فى كل ما يتصل باستخدامات الأرضى والمياه .

والله ولى الترفيق .

للمؤلفان

الأسكنسرية - فبراير ١٩٩٥

الباب الأول

تعريف الزراعة بدون أرض

عرض لتطور الزراعة بدون أرض

طرق الزراعة بدون أرض

— الزراعة المائية

— الزراعة في البيئات الحاملة

— الزراعة بنظام الغشاء المعدى

عرض لتطور الزراعة بدون أرض

استخدام الماء الذى أضيف إليه المغذيات في تنمية النباتات لأغراض أكاديمية منذ القرن السابع عشر على الأقل والشائع أن روبرت بويل Robert Boyle الأيرلندى المنشأ أول من استخدمه ، الذى كتب سنة ١٦٦٦ « وقد حاولت تنمية النباتات في أوعية مملأ بالماء فقط وقد لاحظت أن نباتات الفنكا Vinca pervina و Raphanus aquaticas والنعناع Spearmint قد نمت جيدا فيه غير أن بعضها كان مجرد أجزاء بدون جنور ، وقد ترك كثير منها طوال الخريف ومعظم الشتاء في الماء ، وعندما أخرجت منه في أواخر يناير كانت خضراء وذات مجموع جذرى متوسط خصوصا أحد أفرع Raphanus aquaticus الذى ظل في الماء تسعة أشهر كاملة دون أن يذبل رغم أنه قضى الشتاء كله ، وقد أخرج العديد من الجنور اللينة وبعض البراعم الخضراء وزاد وزنه » .

وقام وودوارد Woodward في إنجلترا بتنمية النعناع Spearmint في الماء المضاف إليه كميات صغيرة من التربة ، والذي لم يضاف له شيء ، وقد ذكر أن إضافة التربة إلى الماء قد زادت نمو النبات .

لم يتقدم استخدام الماء المضاف إليه مغذيات في تنمية النباتات ذات الجنور بعد ذلك حتى ١٨٥٩ عندما بدأ الباحثان الألمانيان Knop و Sachs دراستهما عن تغذية النبات ، وقد استخدمت هذه الطريقة — الماء المضاف إليه مغذيات — منذ ذلك الوقت مرارا لأغراض أكاديمية وأصبحت معروفة ببيئة « المحلول المغذى » أو « بيئة الماء » .

وكان Gericke بجامعة كاليفورنيا أول من حاول الاستخدام التجارى لبيئة المحلول المغذى ، ففى سنة ١٩٢٩ وصف طريقة صنع خزان دى عمق ١٥ سم وعرضه ٦١ سم وطول ١٠,٧٦ م من ورق الأسقف المعامل بالبيتومين فوق أرض مستوية ، وقد غطى سطح الخزان بشبكة من السلك

بطورها طريقة من الشمع ثم طبقة سمكها ١,٢٥ سم من الرمل ، وقد ملئ
 الخزان بالمحلول المغذى وغرست بادرث النباتات فى طبقة الرمل ، ويذكر
 جريك Gericke أن ما حصل عليه من نتائج يبرر التفكير فى استخدام هذه
 الطريقة فى إنتاج المحاصيل وقد سجل طريقته سنة ١٩٣٣ تحت رقم
 ١,٩١٥,٨٨٤ بعنوان « وحدة تنمية النباتات فى الماء » وفى سنة ١٩٣٥ بدأ
 عدد من منتجى الخضار والزهور اختبار الاحتمالات التجارية لهذه الطريقة على
 نطاق كبير نسبيا بإشراف جريك Gericke وكانت مساحة أكبر هذه المحاولات
 نحو فدانين ، وبعد سنتين نشر Gericke بحثا ناقش فيه الاسم الملائم لهذه الطريقة
 الجديدة فى الإنتاج . وقد استخدم سنة ١٩٢٩ تعبير « Aqua Culture » غير
 أن هذا الاسم كان يستخدم ليصف تنمية النباتات المائية والحيوانات البحرية ،
 واستقر تعبير « البيعة المائية » وهى المحلول المغذى Water Culture
 و Solution Culture ، ليصفا تنمية النباتات فى محاليل مغذية لأغراض أكاديمية .
 ثم اقترح Setchall بجامعة كاليفورنيا التعبير « هيدروپونيكس Hydroponics »
 (من Hydro وهى الماء و Ponus أى العمل) كمقابل للفظ اليونانى
 Geoponics الذى يعنى الزراعة فى الأرضى ، وبهذا استخدم لفظ هيدرونيكس
 ليعبر عن تنمية النباتات بمحلولها فى المحاليل المغذية ليميزها عن تنمية النباتات فى
 التربة ، وقد أبرز هذا التمييز فى عنوان بحثه Hydroponics : Crop production
 in liquid culture media . وقد استخدمت طريقة جريك Gericke لإنتاج
 المحاصيل بيعة صلبة نمو الجذور إذ غطى خزان المحلول بطبقة صلبة (الرمل)
 كيفة نمو الجذور مركزة على شبكة من السلك فوق المحلول المغذى وهو ما
 وصفه Gericke فى كتابه عام ١٩٤٠ ، ولو أن طبقة نمو الجذور كانت ضحلة
 وكان الغرض الأساسى منها أن تعمل كمرقد للبذور وتوفر تهيئة النباتات
 ولتحافظ على إظلام المحلول . ولم يغير جريك هذا النظام منذ أن اقترحه سنة
 ١٩٢٩ وما وصفه بعد ذلك كان هو نفس النظام . ما عدا بعض التعديل فى
 التفاصيل مثل استبدال الرمل كيفة نمو الجذور بمزيج من فضلات الخشب
 ونشارة الخشب والقش والتربة .

ويعرى كوبر Cooper أن نظام جيريك Gericke ليس هيدرو بونيكس حقيقياً (تنمية المحاصيل في بيئة سائلة تنمو الجنذور بها) لأنه يستخدم كلام البيئة الصلبة والسائلة لثمو الجنذور ، ولو أن حجم البيئة الصلبة أصغر من حجم البيئة السائلة وأن البيتين منفصلتان عن بعضهما .

حاول ملك كول McCall الباحث الأمريكي سنة ١٩١٦ أن يستفيد من مزايا البساتن المائية في دراسة تغذية النبات مع الاحتفاظ ببعض الخصائص الفيزيائية للتربة فزرع النباتات في الرمل الذى أضاف إليه المحلول المغذى . وفى سنة ١٩٢٨ ذكر Robbins — الذى كان يعرف محاولات McCall — أنه نجح في تنمية عدد من المحاصيل في الرمل في صورة زجاجية ، ولفت الأنظار إلى أن تنمية النباتات في الرمل الذى أضيف إليه محلول مغذ لم يجرب بما فيه الكفاية . وأكد أن استخدام « البيئة الرملية » جدير بأن يختبر بفرض الإنتاج التجارى للمحاصيل في الصوبات الزجاجية ، أى قبل اقتراح جيريك Gericke باستخدام الماء في إنتاج المحاصيل بعام وقد اقترح Robbins البيئة الرملية لنفس الغرض . وفى نفس الوقت تقريباً كان أمريكى آخر من جامعة ولاية لوهايو — A. Laurie — يستخدم البيئة الرملية وأشار سنة ١٩٣١ إلى إمكان استخدام هذه البيئة في الإنتاج التجارى للمحاصيل متى عرفت تفاصيل احتياجاتها الغذائية . وفى سنة ١٩٣٥ وصف Bieckart and Commors من محطة التجارب الزراعية في نيوجرس New Jersey طريقة لزراعة القرنفل Carnation في الرمل الذى أضيف إليه محلول مغذ على خترات ، وأضيف الماء فيما بين إضافات المغذيات .

وفى سنة ١٩٣٦ اقترح Eaton من وزارة الزراعة الأمريكية بعض التجهيزات لتنمية النبات في مرابذ من الرمل مع إضافة محلول مغذ على خترات محددة إلى سطح الرمل بواسطة مضخة تعمل ذاتياً ، ويعود المحلول الزائد لتصرف بواسطة الجاذبية . مرة أخرى إلى الخزان ، وفى نفس السنة (١٩٣٦) قام أمريكان هما Withrow and Biebel بعمل تجهيزات للرى تحت

السطحي لمرقذ من الرمل ، فيضخ المحلول المغذي إلى المرقذ من حزان أنفلها حتى يضر الرمل فتوقف المضخة وينصرف المحلول الرائد بالجاذبية مرة أخرى إلى الخزان ، واقترح Shine and Robbins سنة ١٩٣٧ أن تستخدم منقطات لتمد المرقذ الرملية بالمحلول المغذي بصفة مستمرة في محطة التجارب الزراعية في نيوجرس New Jersey ، وينصرف المحلول الرائد بالجاذبية إلى الخزان ، وفي سنة ١٩٣٨ اقترح Chapman و Liebig في وزارة الزراعة الأمريكية تعديلا لتجهيزات إيتون Eaton يمكن بمقتضاه مد العديد من الوحدات بالمحلول المغذي في نفس الوقت .

وانتشر الاهتمام بالزراعة بدون تربة من أمريكا إلى المملكة المتحدة (بريطانيا) وفي سنة ١٩٣٨ قام Templeman و Watson بإجراء تجارب باستخدام تقنيات الولايات المتحدة في محطة تجارب ICI في Jealous Hill فقاما بزراعة الطماطم بالطريقة التي اقترحها Gericke وكذا في بيئة من الحصى باستخدام الطرق التي اقترحها Biekart & Connors و Biekart و Withrow & Biebel و Shine & Robbins غير أنهما لم يحصلوا على ما يثبت أن محصول الصوبة بهذه الطرق يماثل المحصول الناتج من الزراعة بالتربة ولو أنهما أوضحا حقيقة هامة هي أن الهيدروپونيكس لازالت في طور الطفولة ، وفي نفس الوقت تقريبا كان Mullard & Staughton يجريان تجارب على نظام جريك وذكرنا أنهما حصلوا على إنتاج من الطماطم يعادل الإنتاج من الزراعة بالتربة وعلى محصول أعلى في حالة الجلادبولس .

في سنة ١٩٤٠ كان رأى Hoagland & Arnon أن الجيل السابق لما قد عاصر إهتماما كبيرا بإنتاج الحاصلات في الهيدروپونيكس ، وأن مناقشة احتمالات الاستخدام التجاري لهذه الطريقة قد حظت بما يشبه الاهتمام العالمي سنة ١٩٣٧ وقد قاما بمقارنة نمو النبات في التربة والرمل والبيئة المائية وذكرنا أن قدرة النبات على النمو والإنتاج في البيئات الثلاث متساوية ، وانتهيا إلى أن الناحية الاقتصادية هي التي تحدد الاستخدام التجاري للهيدروپونيكس .

وفي مراجعة Sir John Russell للبحيرات الانجليزية بموضوع الانتاج بطريقة الهيدروبوليكس سنة ١٩٤٥ أوضح أن المحصول الناتج من هذه الطرق لا يزيد عن المحصول الناتج من الزراعة بالتربة وأنه لا فائدة يمكن توقعها من الهيدروبوليكس في زيادة الغذاء خلال فترة الحرب العالمية الثانية في إنجلترا .

وقام Beach سنة ١٩٤٢ بمقارنة انتاج القرنفل في بيعة من المواد الحاملة Aggregate Culture (الحصى والرمل والفرميوكولايت والفحم النباتي وفحم الكوك) وأوضح أن الحصى والفرميوكولايت كانا أفضلها .

وأدخل Stoughton سنة ١٩٤٢ بعض التعديلات على طريقة البيعة الرملية المستخدمة في إنجلترا فاستخدم مراد من الأسمت عمقها ١٥ سم ملأها بالرمل ونثر على سطحه مخلوطا من الكيماويات الجافة ثم رواها .

واستخدم Hicks & Tinscher سنة ١٩٤٤ هذه الطريقة في أحواض أسمتية ضخمة طويلة وذكر أنها قد نجحت في الإنتاج التجارى للقرنفل والطماطم وحاصلات أخرى في صوبة زجاجية . واستخدم Sholto Douglas سنة ١٩٤٦ هذه الطريقة في البنجال (الهند) وقد سماها الطريقة البنجالية .

واهتم الهواة بطريقة الهيدروبوليكس بعد الحرب العالمية الثانية ونشرت مقالات بعنوانين « بيئات الرمل المدفأة لحديقة نهاية الأسبوع » و « الحديقة الكيماوية للهواة » فضلا عن العديد من الكتب الشعبية . وحالت الحرب العالمية الثانية دون تقدم الهيدروبوليكس ولو أنها قد حققت بعض التقدم إذ أدت الحرب إلى أن تصبح بعض الجزر القاحلة في المحيطين المادى والأطلنطى ذات أهمية استراتيجية وأصبح انتاج الخضر في الهيدروبوليكس ذا أهمية لإمداد الجنود بها . ويذكر Ticquet أن الرغبة في الحصول على خضر طازجة أدت إلى استخدام سلاح الطيران الأمريكى للهيدروبوليكس فقام في سنة ١٩٤٥ ببناء وحدات كبيرة في جزيرة Ascension ثم بناء وحدات مساحتها ٥٥ فدان باليابان بعد انتهاء الحرب مباشرة ليتجنبوا الأمراض التى تنتج عن تغذية

الجنوة بخضر مسمدة بمخلفات آدمية ، فظروف الحرب غير العادية قد ساعدت على تقدم الهيدرونيكس رغم النتائج غير المشجعة من الناحية الاقتصادية التي سبق الحصول عليها كما استمر التقدم بعد انتهاء الحرب ، وفي سنة ١٩٦٩ قام Stoughton بتقويم الموقف لمنظمة الأغذية والزراعة FAO ، وقد اتضح أن النظام الذي اقترحه Gericke لم ينجح لصعوبة تهوية المحلول بدرجة ملائمة وصعوبة تثبيت النباتات ، وتقدمت عليه طريقة Robbins باستخدام بيئة حاملة — الرمل — نمو الجنور مع إضافة المغذيات ، واقترحت مواد متعددة كبيئة صلبة لنمو الجنور منها الرمل والحصى والبيت واليوميس وقطع الفخار ودخلت جميعها تحت تعيير بيئة المواد الحاملة . وقد انتشر نوعان من بيئة المواد الحاملة ، البيئات المفتوحة والمغلقة .

وفي نظام بيئة المواد الحاملة المفتوح يضاف المحلول المغذى إلى البيئة وتصرف الزيادة من السائل خارج النظام (بدون تجميع) ، أما في نظام بيئة المواد الحاملة المغلقة Closed System فترطب الجزيئات بالمحلول المغذى ويستقبل الزائد منه في خزان ليعاد استخدامه ، وفي النظام المفتوح لا تكون المراقدة التي تحتوى الجزيئات مصمتة غير منفذة للماء ويضاف المحلول إما على دفعات إلى سطح الجزيئات وينصرف متخللا لها أو أن يتدفق على فترات أيضا على سطح قاع المراقدة ويتم ترطيب الجزيئات بالخاصة الشعرية ، أما في النظام المغلق فالمحلول يتدفق على سطح قاع المراقدة التي تكون عادة غير منفذة للماء ويتم ترطيب المواد الحاملة أيضا بالخاصة الشعرية ، وفي بعض الأحيان يزداد ترطيب المواد الحاملة بخلق مخارج المحلول من المراقدة ليرتفع المحلول في طبقة المواد الصلبة بغرس أنابيب ذات ثقوب أو غلق أنابيب الصرف عند القاع ، ويطلق على هذه الوسائل التي يراد بها ترطيب البيئة الصلبة من أسفل تعبيرات مختلفة مثل نظام الكاسكاد Cascade أو نظام الفلوم Flume System أو نظام السيفون الأوتوماتيكي Automatic Syphon System .

وعزا Stoughton عدم نجاح البيئة المائية تجاريا لصعوبة تهوية المحلول وثبتت النباتات — بأعداد كبيرة — في محلول ثابت .

ورغم هذه الأفكار المتضاربة ، فإن قلة الجهودات لتطوير إنتاج المحاصيل في بيئة مائية حقيقية — أى بدون أى وسط صلب — قد أدت إلى احتمال جدوى بذل مزيد من الجهد في هذا المجال .

وقد بذل هذا الجهد حديثا — في السبعينات بواسطة Cooper في المخترا بعد ما بذله de Stigter في مركز بحوث فسيولوجيا النبات بهولندا Plant Physiological Research Centre الذى قام بتنمية النباتات في غشاء من المحلول المغلى الذى يدار لإعادة استخدامه Recirculating Film ، وقد قام بذلك كوسيلة بحثية ليتمكن من تصوير المجموع الجذرى في دراسته عن انتقال نواتج التمثيل الضوئى باستخدام الكربون المشع ، فهو لم يطور التقنية التى اقترحها لإنتاج المحاصيل تجاريا ، وحتى سنة ١٩٦٩ كان لا يزال يستخدم طريقته كوسيلة بحثية . وفي مناقشة كوبر Cooper معه عن إمكانية استخدام هذه التقنية ، كتب يقول ، إن الإمكانيات الأساسية هي الملاحظات والتسجيل لعمو الجذور وعمل الصور الاشعاعية لمجموعات جلدية دون تدخل خارجى .

والواقع أن أعظم الإمكانيات كانت التكلفة الرأسمالية القليلة لهذه الطريقة واستخدامها في الانتاج التجارى للمحاصيل على نطاق واسع في المساحات التى لا يمكن الاستفادة منها بطرق الزراعة المعتادة . وهذا ما توصل إليه Cooper باستخدام تقنيات الغشاء المغلى سنة ١٩٧٣ . وبهذا ذلك بثلاثة أعوام نشرت مجلة American Vegetable Grower أن إحدى الشركات في ولاية فلوريدا قد توصلت إلى طريقة للغشاء المغلى مستقلة عما نشر في المخترا وأنها تسمى لتسجيل هذه الطريقة .

طرق الزراعة بدون أرض .

(١) الزراعة المائية Hydroponics

الزراعة المائية هي الزراعة التي لا يوجد فيها وسط صلب فهو الجذور . وقد أوضحنا أن كلمة الهيدروپونيكس Hydroponics كلمة يونانية تعنى الزراعة (أو العمل) بالأرضى وقد اقترح W. A. Setchell هذه الكلمة « هيدروپونيكس » لتعبر عن تنمية النباتات بمحورها في المحاليل المغذية ليميزها عن تنمية النباتات في التربة .

كما توجد أسماء أخرى مثل الزراعة الكيميائية وزراعة التانكات Tank Farming وبستة الصواني Tray Horticulture .

ويمكن ممارسة الهيدروپونيكس في العراء أو داخل البيوت الزراعية أو داخل المساكن ، وعلى أبسط مظاهرها تنمية النباتات في وعاء به ماء وبعض الأملاح .

الأوعية

أهم مواصفات الأوعية المستخدمة في الهيدروپونيكس هي ألا تنفذ الماء وألا تصدأ وأن تكون غير ملوثة بأية جراثيم ورغيدة التكلفة ويحسن أن تكون سهلة النقل .

ويمكن أن تصنع هذه الأوعية من الخشب أو الأسمنت أو الحديد أو الصلب أو بمعنى آخر من أية مادة إلا أن تكون من المعادن الجلفنة إذ يدخل في هذه الجلفنة عادة معدن الزنك الذى يسبب تسمما للنباتات ، وحتى مجرد طلاء هذه الأوعية بطلاء يدخل فيه الزنك يسبب تسمما للنباتات خصوصا إذا « تقشر » الطلاء .

(١) الأوعية الخشبية

يمكن صناعة هذه الأوعية من أى نوع من الخشب ماعدا الأنواع التى تحتوى الزيوت الطيارة مثل خشب السدر Cedar أو التى تفرز صيغة مثل الخشب الأحمر Red Wood ، ويمكن معالجة هذه الأنواع من الأخشاب وغيرها بطلائها بمادة تمنع نفاذ الماء خلالها — وبالتالي لا تنفذ الزيوت الطيارة أو الأصباغ — وبذا يمكن استعمالها فى صناعة الأوعية .

والوعاء الخشبي لا يقل سمكه عن ٢,٥ سم ولا يزيد طوله عن ١٨٠ سم فإذا زاد عن ذلك يجب تقويته بعوارض مستعرضة ، ويتم المعالجة لمنع نفاذ الماء بواسطة الأسفلت وليس بالقطران ويتم ذلك بالأسفلت الساخن أو بطلاء أسفلتي أو بأسفلت بترول ويجب تجنب أى طلاء يحتوى الرصاص أو الباريوم وكذا مواد الطلاء الفنية بالزيوت وقد يطل السطح الخارجى للأوعية الخشبية المصنوعة من خشب الصنوبر بالبرافين لتجنب التوائها ..

(٢) الأوعية الاسمنتية

لهذه الأوعية صفات ملائمة بصفة عامة ويجب أن تطل من الداخل بالأسفلت وأن يسبق عملية الطلاء ملء الأوعية الاسمنتية بالماء وتركه فيها عدة أيام ثم يصرف الماء ويكرر ذلك عدة مرات حتى يظل لون ورقة عباد الشمس متعادلا (بنفسجيا) ويمكن الاسراع بعملية الغسيل بإضافة قليل من حامض الكبريتيك المخفف لماء الغسيل . وتساعد عملية الغسيل هذه على منع تشقق طلاء الأسفلت حتى لا يلامس المحلول الاسمنت ..

(٣) الأوعية الحديدية

تتميز هذه الأوعية الحديدية أو العلب عن غيرها بأنها غير منقذة للماء وسهلة النقل ، غير أنها أكثر كلفة ولو أنها أطول عمرا ، ويجب ملاحظة تنظيف جميع مواضع اللحام فى هذه الأوعية ، إذ كثيرا ما يستخدم فى اللحام

مواد زيارة النباتات ، وكذا يجب تجنب طلاء الأوعية بطلاء يحترق الرصاص أو زيت الكتان .

وتظل هذه الأوعية أيضا كما سبق بطلاء أسفلتي ، ومن الضروري عزلا حتى لا تفقد الحرارة ويتم ذلك بتغليفها من الخارج بغلاف معدني أو خشبي ووضع مادة عازلة للحرارة بين الغلاف الخارجي وجسم الوعاء .

ومن الممكن استخدام أوعية ذات الحجم الذي يناسب الغرض المقصود ، وبصفة عامة فأبعاد الوعاء الملائم لكثير من الأغراض هي : العمق ٢٠ سم العرض ٧٥ سم والطول ١٨٠ سم ، ويسع هذا الوعاء نحو ١٢٥ لترا من المحلول المغذي باعتبار أن ارتفاع المحلول في الوعاء نحو ١٠ سم . ولا يوجد قاعدة معينة لأبعاد الوعاء إلا أن العمق لا يزيد عادة عن ٣٠ سم ، كما أن سهولة النقل تقتضي ألا يزيد الطول عن ١٨٠ سم ، وبصفة عامة يكون التحكم في محتوى المحلول في الأوعية الصغيرة أسهل منه في الأوعية الكبيرة ، كما أن نفقات التدفئة تقل كثيرا في الأوعية الصغيرة .

ويجب توفير وسيلة سهلة لصرف أو تفريغ المحلول من الوعاء ، ويمكن ذلك بواسطة السيفون غير أنه يحسن تجهيز الوعاء بفتحة صرف وكذا بفتحة للتخلص من المحلول الزائد في حالة الوحدات الموجودة بالعراء .

الصينية

إطار تثبت فيه شبكة من السلك يتركز عليها النبات ، وإذا كان الوعاء معدنيا أو أسمنتيا فيجب تجهيزه بما يسمح بارتكاز هذا الإطار وتثبيتته في جذرائه .

وقد يفضل أن تكون الصينية منفصلة غير مثبتة وترتكز على حواف الوعاء وتفصل عنه لتنظيفها .

وعنق الصينية بصفة عامة نحو ١٠ سم ، ولو أن ذلك يختلف حسب الحاصلات المراد زراعتها ، ففي محصول مثل البطاطس يجب ألا يقل عنق

الصينية عن ٢٠ سم ، وتجهز الصينية بماسك من كل جانب يمكن إمساكها منها .

ولا ينصح بأن يكون طول الصينية مماثلاً لطول الوعاء بل الأفضل أن يكون أقل من طول الوعاء بنحو ١٥ سم من أحد الطرفين خصوصاً الطرف الذي يوجد به فتحة الصرف وبذا يمكن قياس عمق المحلول بسهولة وكذا يمكن وضع المسخن إذا احتاج الأمر للتدفئة وذلك لأنه لا ينصح برفع النباتات من المحلول بعد أن تزرع .

والشبكة السلكية في قاع الصينية تكون ذات فتحات ٢,٥ سم وأفضل أنواعها هي الشبكة المصنوعة من الحديد ويمكن استخدام السلك المجلفن بعد طلائه بطلاء ثقيل بالأسفلت ، وكذا تغطي الصينية جميعها .

ويجب أن نتذكر عند صناعة الصينية أنها يجب أن تتحمل ثقلاً يمثل أوزان جميع النباتات، كاملة النمو والنضج .

الفرشة .

تتملأ الصينية بمواد عضوية هشة تسمح للهواء بتخللها وتوفر الاظلام اللازم للمحلول حتى لا تنمو به الأعلي كما أن الفرشة توفر سنادة للنباتات .

والمواد شائعة الاستعمال كفرشة للصينية هي اليبب Peat والموس Moss ونشارة الخشب وما يماثلها من الانتاج المحلى وتساعد هذه المواد على نمو الجنور العرضية التي تزيد قدرة النبات على امتصاص مقادير إضافية من الأوكسجين من الهواء . كما أنها تساعد على خفض البخر وهو عامل هام بالنسبة للوحدات الموجودة بالعراء في المناطق الحارة .

السدادات

يحسن في حالة النباتات الطويلة وضع أسلاك تساعد النباتات على الامساك بها .

المحلل المغلى

سوف نعالج هذا الموضوع في موقع آخر ، غير أنه يهنا في هذا المقام أن نشير إلى النقاط العامة :

— أحسب مقدار المحلول المطلوب للوعاء قبل تجهيزه وذلك بضرب مساحة القاع في عمق المحلول المناسب والنتاج هو حجم المحلول بالسنتيمتر المكعب ويقسمته على ١٠٠٠٠ ينتج الحجم بالتر ، ويجب ملاحظة وجود حجم خال من المحلول بين الصينية وسطح المحلول .

— يلاحظ عدم تبليل الفرشة بالمحلول فتبخر المحلول يترك الأملاح على الفرشة وتعرض الجنور لاضرار من زيادة التركيز .

— بصفة عامة يجب أن يكون عمق المحلول أقل ما يمكن .

المحلل النموذجي لتغذية النبات

ليس من اليسر تركيب محلول نموذجي فالعوامل التي تحكم عملية الامتصاص واحتياجات النباتات تجعل تركيب مثل هذا المحلول أمرا بعيد التحقيق غير أننا ننصح في تركيب المحلول المغذى بمراعاة الشروط الأساسية الآتية :

١ — يجب أن يحتوى المحلول العناصر الستة الكبرى وعلى الأقل أربعة عناصر صغرى هي بترتيب أهميتها الحديد والبورون والزنك والمنجنيز والحديد وأهمها جميعا .

٢ — يجب أن تتوفر هذه العناصر في صور يستطيع النبات امتصاصها .

٣ — يجب أن يكون تركيز هذه العناصر منخفضا حتى ولو كان المقدار المطلوب من كل منها كبيرا .

٤ — يجب ملاحظة أن يظل المحلول على الجانب الحامضي . ولو أن تركيبات المحاليل المغذية بصفة عامة تجعلها حامضية التأثير إلا أنها قد تحول

بعد أن يختص النبات حاجته من العناصر إلى الجانب القاعدي ولذا يجب متابعة رقم PH المحلول بصفة مستمرة وتمثيله بحيث يكون عند رقم PH المطلوب .

التبوية

يجب تبوية المحلول المغذى جيدا ، وأفضل طرق التبوية هو وجود تيار مستمر من المحلول غير أن ذلك يزيد التكلفة .

ومن أفضل طرق التبوية في الوحدات الصغيرة استخدام مضخة هواء مثل تلك المستخدمة في تربية أسماك الزينة ، ويمكن للمضخة المتوسطة تبوية وعاء ذى طول ١٨٠ سم . ويمكن توصيل المحلول بماسورة ذات تقوُب وتوصيل فتحتها الخارجية بمنفاخ عجل وبذا يمكن ضخ الهواء إلى المحلول لمدة دقيقة واحدة كل يوم (طبقا لحجم المحلول) وفي حالة تبوية مجموعة من عدد من الأوعية يمكن توصيلها مع بعضها بمضخة أكثر تدفع فيها الهواء أبا في الأوعية الضخمة (المنزلية) فيمكن قلب المحلول لمدة دقيقة يوميا أو نفخ الهواء بمنفاخ العجل مباشرة في المحلول ، وباستمرار نمو النباتات تزداد حاجتها للأوكسجين . وعموما يحسن التبوية لمدة دقيقة يوميا لكل وعاء طوله ١٨٠ سم .

الامداد الذاتي للمحلول المغذى

اقترح هذه الطريقة جريك Gericke وسجلتها في الولايات المتحدة الأمريكية . وفي هذه الطريقة يستخدم جهاز أو أداة « وحدة التسميد » يمكن لأي شخص على دراية بالكيمياء تركيبها كما يلي :

حضر مخلوطا من أملاح العناصر المغذية وقد اقترح جريك التركيب الآتي

٥٠٥٠ جم

٦٠٠ جم

نترات البوتاسيوم

فوسفات مغنسيوم

كبريتات كالسيوم	٧٧٠ جم
كبريتات حديد	١٠٠ جم
كبريتات منجنيز	٢٠ جم
بورات صوديوم	٢٠ جم

وتطحن الأملاح الثلاثة الأخيرة طحنا جيدا ثم تخلط جميع الأملاح معا وتجهز وحدة التسميد كالآتي :

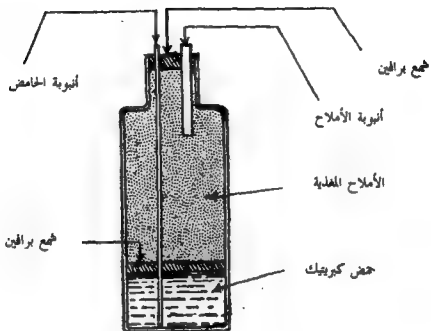
١ - استخدام زجاجة سعة ٥٠٠ سم^٣ من زجاج قوى ذات رقبة غير ضيقة . وضع في هذه الزجاجة ٩٠ سم^٣ من حامض كبريتيك نقي مركز (كثافته ١,٨٢) .

٢ - ضع أنبوبة زجاجية ذات سمك ٤ مم من فتحة الزجاجة لتركز على قاع الزجاجة ويبرز الطرف الآخر من فتحة الزجاجة بنحو ١ سم .

٣ - يضاف الشمع المنصهر فوق الحامض ليصنع طبقة سمكها نحو ١ سم ويترك حتى يبرد .

٤ - تملأ الزجاجة بمخلوط أملاح العناصر المغذية حتى نحو ١ سم من عنق

الزجاجة . توضع أنبوبة زجاجية أخرى سمكها نحو ٨ مم لتصل حتى مغلوط الأملاح ويبرز منها من فتحة الزجاجة نحو ١ سم .



(أ)



(ب)

شكل رقم (١) - الشكل (أ) يوضح تركيب وحدة جريك للتسميد
والشكل (ب) يوضح كيفية وضع وحدة جريك في وعاء الهيدروپونيكس

٥ - تقفل الزجاجية بالشمع .

وعندما توضع هذه الوحدة (شكل رقم ١) في المحلول المغذى في وعاء
الهيدروپونيكس يبدأ الحامض في جذب الماء عبر الأنبوبة التي تصل بين طبقة

الحامض. والمحلل الخارجى كما يدخل الماء (المحلول) إلى مخلوط الأملاح ، ويزداد الضغط داخل الزجاجية فيبدأ المخلوط مع ما وصله من الماء في التدفق البطيء خارج الزجاجية وفي نفس الوقت ينتج عن الحرارة الشديدة الناتجة عن اتصال الماء بالحامض المركز انصهار بعض نقاط في طبقة الشمع ووصول الحامض إلى مخلوط الأملاح وخروجه معه إلى المحلول الخارجى وهذا يتوفر للمحلول درجة الحموضة المطلوبة .

ويؤكد Phillips أن هذه الوحدة ناجحة تماماً وعمد المحلول المغذى لمدة ٣ شهور دون الحاجة إلى ضبط رقم PH المحلول أو ضبط تركيز العناصر فيه . على أى حال من الضروري إجراء اختبار الحموضة واختبار التركيز بين وقت وآخر .

وتستخدم الوحدة لمدة موسم ثم يجرى تجديد محتوياتها . وقد تزداد الحموضة في بداية وضع الوحدة في المحلول نتيجة تدفق حامض أكثر من اللازم ويعالج ذلك بوضع قطعة من الحجر الجيري قرب فتحة الزجاجية في اليوم الأول ثم ترفع بعد ذلك .

الإضاءة

يحتاج النبات للضوء حتى تتم عملية التمثيل الضوئى (الكلوروفيل) ولا فارق بين ضوء الشمس والضوء الصناعى بالنسبة لهذه العملية ، فإذا كانت وحدات الهيدروبوليكس في المراء فلا داعى للإضاءة الصناعية في أغلب الحالات ، أما إذا كانت داخل الصوبة أو بالمنازل فيجب عمل التجهيزات الضرورية للإضاءة الصناعية .

التدفئة

للتدفئة أهمية خاصة بالنسبة للهيدروبوليكس إذا كانت في مناطق باردة ، أما في المناطق الدافئة فقد لا تكون ضرورة إلا حيث يكون الليل باردا عما هو ملائم للنبات المزروع . وفي كثير من المناطق الدافئة يكون الشتاء باردا عما قد

يستلزم التدفئة عند استزراع نباتات محبة للحرارة . وقد أوضحت بعض الدراسات أن درجة حرارة ٢٠ — ٢٥°م كافية لنباتات الطماطم بصفة عامة لإعطاء محصول جيد ، ولم يزد المحصول زيادة ذات أهمية برفع درجة الحرارة .

وتتوقف طريقة التدفئة على مصدر الطاقة المحلى وحجم الوحدة المراد تدفئتها ، ففي حالة وعاء واحد ووحدة صغيرة يمكن استخدام مسخن يغمر في المحلول مع منظم للحرارة Thermostat ، وبالنسبة لاحتواء المحلول على أملاح مذابة فقد يتآكل قطب المسخن أو يتفاعل مع أملاح المحلول فيتغير تركيبه ، ولذا يجب استخدام مسخن زجاجي ، وفي حالة الأوعية الصغيرة يمكن استخدام المسخن الذى يغمر في أوعية تربية أسماك الزينة .

وفي حالة الرغبة في تدفئة عدد من الأوعية يمكن استخدام « مسخن التربة » وهو سلك Cable يمرر خلال قاع المحلول ولو أننا لا نستطيع أن نجزم ما إذا كان الغطاء الخارجى للسلك سوف يؤثر على المحلول .

وتستخدم الغلايات أيضا في عملية التدفئة في حالة الوحدات الكبيرة وفي هذه الحالة تصب الأوعية في صفوف متوازية وتجهز غلاية مركزية ذات منظم للحرارة يسخن بها الماء لدرجة الحرارة المطلوبة ويتدفق منها إلى ماسورة توزيع معزولة ومنها إلى أنابيب ذات صمام تغذى كل منها أحد الأوعية إلى مستوى ينخفض عن مستوى الصوائى بكل منها ، وفي الطرف الآخر من كل وعاء توجد فتحة صرف الماء الزائد على ارتفاع معين يتصل بماسورة مجمعة توصل بواسطة الجاذبية الأرضية إلى حوض مكشوف ومنه إلى الغلاية مرة ثانية بواسطة مضخة ، ولضمان وجود قدر معين من الماء في الحوض بصفة مستمرة يجهز بحوامة ، فإذا انخفض مستوى الماء انخفضت الحوامة وفتحت حنفية الماء لتصب الماء في الحوض حتى يصل إلى المستوى المطلوب فتقف الحوامة الحنفية .

ومن الواضح أنه من الضروري تنظيف هذه المجموعة بين مواسم الزراعة إذ قد تتكون طبقات من الملح داخل المواسير ناتجة عن ترسيب الأملاح .

(٢) الزراعة في بيئات المواد الحاملة

Aggregate Culture

يقصد بالبيئات الحاملة المواد الصلبة التي قد تستخدم لتنمية النباتات بها ومن أكثر هذه المواد شيوعا الرمل والحصى وقطع الفخار وحببات الجرانيت وغيرها ويضيف إليها البعض الفحم والفرميوكولايت Vermiculite .

وتختلف الزراعة في البيئات الصلبة عن الزراعة في بيئة الماء Hydroponics في أنه بينما تكون جذور النبات في بيئة الماء معلقة في المحلول المغذى فإن هذه الجذور في البيئة الصلبة تتشبث بجزيئات المواد الصلبة أما مصدر التغذية في كل من البيتين فهو المحلول المغذى مع ضمان التهوية في كل من البيتين .

مميزات البيئات الصلبة

— تشابه البيئة الصلبة والأرض يجعل قبولها لدى الزراع العاديين أسهل من قبولهم للزراعة في المحاليل .

— لا تحتاج إلى ملاحظة دقيقة مستمرة كما هي الحال في الزراعة المائية خصوصا في عملية التهوية .

— يمكن زراعة النباتات من البذور مباشرة ، ولو أن ذلك ممكن في حالة بيئة الماء إلا أنه قليل النجاح فيها .

— توفر بيئة المواد الصلبة بيئة مشابهة للبيئة الطبيعية التي ينمو بها النبات وتعمل كسنادة قوية للجذور .

وبالإضافة إلى ذلك فيمكن الجزم أن بيئة المواد الصلبة في حالة الوحلات الصغيرة أو المنزلية تتميز بأنها أقل متاعب وسهلة النقل وأكثر ملائمة لمحجرات المعيشة بالمنازل .

وأبسط وحدات البيئات الحاملة للاستخدام المنزلى تتكون من وعاء به المادة الحاملة وأسفله حوض يستقبل المحلول المنصرف ويصب المحلول المغذى أو يرش على سطح الرمل (المادة الحاملة) مرتين أو ثلاث مرات يوميا بكميات تكفى لتشبع الرمل ويتجمع المحلول المنصرف فى الحوض السفلى ويمكن استخدامه مرات أخرى لمدة ١٤ يوما .

ويمكن استخدام قصارى الأزهار إلا أنها يجب أن تكون من النوع الأملس (Glazed) وذات شكل يلامم وضعها داخل المنزل .
و أهم معوقات البيئة الصلبة هى أنها أكثر تكلفة من بيئة الماء فى حالة الوحدات الكبيرة للاستخدام التجارى .

وحدة التدفق المستمر

تتكون الوحدة من خزان فى وضع مقلوب تتساقط منه قطرات الماء ببطء على وعاء به رمل ويتصرف فى وعاء آخر أسفله حيث تجمع وتغزن وهذه الوحدة البسيطة توفر المحلول المغذى فى شكل شبه أوتوماتيكى وتيسر تهوية المحلول . ويحدد حجم خزان المحلول المغذى المدة التى يمد فيها النباتات بهذا المحلول .

ويرتكز خزان المحلول المقلوب على طبق يوضع فيه طرف أنبوبة شعرية تعمل كسيفون حيث يكون طرفها الآخر فوق الرمل بالوعاء . ويتحكم فى معدل التدفق عن طريق ضبط ارتفاع طرف السيفون بالنسبة لمستوى المحلول فى الطبق تحت الخزان المقلوب .

ويقترح لتبسيط العملية ، استبدال سيفون الأنبوبة الشعرية بقطعة « شاش » من المستخدم فى تضميد الجروح أو قطعة من قماش الجين ذات عرض ٢,٥ — ٥ سم ترم لتأخذ شكل « دوارة » وهذه يوضع طرفها فى الطبق والطرف الآخر عند سطح الرمل وتقوم بعمل السيفون ويمكن التحكم فى معدل التدفق إلى حد ما باختيار عرض الشاشة المستخدمة وبالمسافة

العمودية بين مستوى المحلول فى الطبقة ومستوى سطح الرمل فى الوعاء . وإذا لونت « اللوبارة » الناشئة عن قطعة القماش بالحبر غير القابل للإزالة بالماء فإن ذلك يجعلها أكثر قدرة وأطول عمرا . ويقتضى تغيير الشاشة غير الملونة مرة كل أسبوع حسبها تكون درجة نمو الألبى عليها .

التنظيم الرأسى

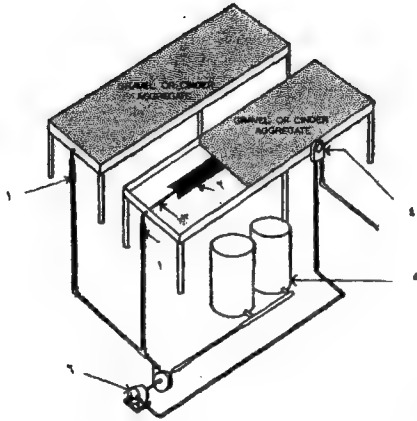
حيث يسمح المكان بوضع الأوعية واحدا فوق الآخر . ويوضع خزان كبير علوى ويتساقط المحلول إلى الوعاء الأعلى ثم إلى فتحة الصرف حيث يستقبل فى الوعاء التالى وهكذا حتى الوعاء الأسفل الذى يصرف فى خزان خاص .

الرى من أسفل النظام

طريقة الرى من أسفل النظام تعتمد أساسيا على إمداد المحلول عن طريق ماسورة ذات ثقب فى أسفل أوعية غير منفذة للماء ومملوءة بمزيجات من أى مادة خاملة . وتتصل الماسورة بمضخة طرد مركزى تعمل على فترات منقطعة ينظمها ساعة وهذه الفترات تكون كافية لغمز البيعة الخاملة بعدها تقطع دائرة موتور المضخة ويتدفق المحلول بالجاذبية الأرضية مرة ثانية إلى الخزان الذى يعمل كمصرف مجمع وكخزان للمحلول .

ويوضح شكل رقم ٢ مجموعة الرى حيث توجد الموائد التى يمكن صنعها من الخشب أو الأسمنت أو الحديد المغطى بالأسفلت وتفضل الموائد الأسفلت حيث يمكن تجهيزها بحيث تكون فتحة الصرف فى الوسط بينما لا يكون ذلك سهلا فى الموائد الخشبية أو الحديدية . وإذا استخدمت الموائد الخشبية فيجب طلاؤها برشها بالأسفلت الساخن مرتين .

وعمق موائد الهو لا يزيد عن ١٥ سم بينما حجم المائدة لا يهم كثيرا ويعتمد أساسيا على المكان المتاح وحجم الوحدة .



شكل رقم (٢) - شكل تخطيطي يوضح نظام الرى تحت السطحي
 ١ - وصلة مطاطية ، ٢ - غطاء أنبوبة الرى ،
 ٣ - أنبوبة مقببة ، ٤ - ساعة توقف ،
 ٥ - غزان المحلول المذلى ، ٦ - مولد كهربائى ومضخة .

امداد المحلول

الطريقة الأولى : تمتد فيها الماسورة التى تمتد الوحدة بالمحلول فى قاع المائدة بين طرفى المائدة وأحد الطرفين يعلق بغطاء يمكن نزعها لتنظيف الماسورة . والماسورة ذات فتحات ٥ مم كل نحو ٣٠ سم على الجانب المقابل لقاع المائدة ويغطى الماسورة شريط عرضه ١٠ - ١٥ سم يعمل على منع إنسداد الفتحات ويمكن منع التصاق الشريط بقاع المائدة بطبقة رقيقة من الرمل أو

الحصى وكذا يمنع تدخل الشريط في تدفق المحلول . ويفضل استخدام الماسورة من الحديد (الأسود) أو النحاس والماسورة الحديدية معرضة للصدأ وقد تحتاج إلى إمرار محلول مقاوم للصدأ فيها بين وقت وآخر . ويفضل الماسورة النحاسية لأنها تعمل على خفض نمو الألبى وماسورة ٦ مم تكفى لإمداد مائدة طولها ١,٥ م وعرضها ١,٢ م مع استخدام مادة خاملة خشنة أما في حالة موائد أطول فيحسن استخدام ماسورة أكبر ذات فتحات متقاربة في الطرف البعيد عن مصدر الإمداد .

الطريقة الثانية : وهى الطريقة المفضلة وتتكون من مجرى مزدوج عرضه ١٠ سم بدلا من الماسورة يوضع في قاع المائدة يتدفق فيه المحلول فلا يكون معرضا للانسداد ويدخل المحلول إلى المائدة عن طريق ماسورة صغيرة . وإذا استخدم مجرى مجلفن فيجب طلاؤه بعدة طبقات من الأسفلت .

المضخة

تستخدم مضخة طرد مركزي تعمل بواسطة موتور لتدفع المحلول في المراقد وعندما تفتح دائرة الموتور يعود المحلول من خلال المضخة إلى خزان التجميع وتستخدم عادة مضخة ١١ حصان في مساحة ٢٥٠٠ قدم مربع (٢٥٠ م^٢) مملوءة بعمق نحو ١٥ سم من الحصى متوسط الحجم وفى خلال نصف ساعة يتم غمر المائدة إذا كان الخزان أسفل المائدة بنحو ١,٢ م .

وتروى المائدة مرتين كل ٢٤ ساعة وقد تزيد إلى ثلاث مرات ومن الضروري انقضاء عدة ساعات بين كل ريتين متواليتين لتحصل الجنود على التهوية الكافية ويجب التوفيق بين حجم المائدة وتشغيل المضخة ونوع المادة الخاملة بحيث يتم الصرف في ضعف المدة اللازمة للغمر .

المواد الخاملة

يعتبر الرمل من أفضل المواد التى يمكن استخدامها في الوحدات المفردة أو

الوحدات الصغيرة . ولا يحتفظ الرمل زائد الخشونة بالرطوبة ، كما أن الرمل زائد النعومة لا يتيح للجذور نسبة كافية من الهواء .

ويجب ألا يكون الرمل المستخدم زائد القلوية حتى لا يؤثر على المحلول المغذى . وعموما يجب أن يحتوى الرمل على نسبة منخفضة من كربونات الكالسيوم وأن تكون غالبية حبيباته ذات قطر حوالى ١ مم وحتى نضمن عدم ارتفاع نسبة كربونات الكالسيوم ينصح بغسيل الرمل بماء حامضى لمدة ٣ — ٤ أيام . وينصح أن يعقم الرمل ويتم ذلك بتقليبه فى ماء يغلى مدة ١٥ — ٢٠ دقيقة أو بتسخينه فى فرن على درجة حرارة ١٠٠°م لمدة ساعة كما يمكن استخدام معقمات التربة .

وفى الوحدات الكبيرة تستخدم مواد خاملة أخرى مثل الحصى وكسر الأحجار وحبيبات الجرانيت والفحم أو غيرها واستخدام هذه المواد يقتضى التعرف إلى محتواها من كربونات الكالسيوم فهى بالإضافة إلى ذوبانها فى الأحماض الخفيفة تعمل على زيادة قلوية البيئة ولذا يجب « غسلها » بحامض مخفف عدة أيام حتى تخلو من كربونات الكالسيوم .

وحيث لا تتوفر المواد الخاملة المناسبة يمكن استخدام الفحم الباقى (بقايا النباتات المتفحمة غير كاملة الاحتراق بحيث لم تتحول إلى رماد) ويجب غسل هذه المادة ٣ — ٤ أيام حتى تتخلص من محتواها من الأملاح الذائبة ثم تنقع فى حامض مخفف لمدة يومين ثم تغسل بالماء جيدا . والحامض المفضل هو حامض الكبريتيك ولو أن أى حامض مخفف يمكن استخدامه .

العامل الهام عند اختيار المادة الخاملة لاستخدامها مع الرى تحت السطحي هو حجم حبيبات المادة ، إذ يجب أن يكون بدرجة من الخشونة تسمح بصرف المحلول صرفا كاملا فيحل الهواء محل الماء بعد كل إضافة من المحلول ولضمان ذلك يجب التخلص من الحبيبات الصغيرة التى تمر خلال منخل ١٦ — ٢٠ مش أى الحبيبات ذات أقطار ١,٢ — ١,٦ مم .

تعقيم المواد الحاملة

ينصح بضرورة تنظيف وتعقيم المواد الحاملة خصوصاً الرمل بين كل محصول والآخر ويتم ذلك بغمر البيقة في الأوعية بالفورمالدهايد ٠,٥ ٪ - ١,٠ ٪ عدة أيام ثم طرده من البيقة بإضافة الماء عدة مرات . وإعادة التعقيم هام أيضاً خصوصاً للرمل .

وللمحافظة على نظافة البيئة وبالتالي على صحتها بصفة مستمرة يجب إزالة بقايا الجذور والنباتات المريضة فجزر واحد منفصل من النبات يبدأ في الانحلال سريعاً ويلوث البيقة .

العناية

كثيراً ما تتجمع أملاح المحلول المغذى حول جذور النبات أو في قاع الأوعية والموائد ولذلك فمن الضروري غمر المراقدة مرة كل أسبوعين بالماء العذب ويجب أن يتم ذلك من السطح وليس عن طريق الري تحت السطحي .

وفي حالة البيئات الرملية في الوحدات الصغيرة أو المنزلية المفردة يجب رشها أسبوعياً للتأكد من طرد ما يتجمع من أملاح المحلول .

ويجب غمر الأوعية بين المحصول والآخر عدة مرات بالماء ويؤدي الغمر للتخلص من الفورمالدهايد الزائد إلى التخلص من الأملاح المتجمعة في نفس الوقت .

للتبوية أثر هام في نمو النبات ومن الضروري اتباع ما سبق ذكره من مراعاة صرف المحلول صرفاً كاملاً قبل إضافة محلول جديد ، أما في وحدات التدفق المستمر فالتبوية تؤخذ في الاعتبار ذاتياً .

المحلول المغذى

هو نفس المحلول المستخدم في الهيدروپونيكس أو في تقنيات الغشاء المغذى وسيأتي ذكر ذلك .

(٣) تقنية الغشاء المغذى

Nutrient Film Technique

وتسمى فيها النباتات في المحلول المغذى بدون تربة أو مخاليط أو مواد صلبة ،
والمكونات الأساسية لنظام استخدام الغشاء المغذى هي :

- خزان المحلول المغذى .
- مضخة ترفع المحلول من الخزان إلى الأحواض .
- قنوات متوازية منحدرية تنمو بها النباتات وينساب المحلول المغذى فيها على جذور النباتات .
- يتجمع المحلول بعد انسيابه على النباتات في القنوات في أنبوبة (ماسورة) تجميع توصل إلى خزان المحلول المغذى ثانية .
- نظام مراقبة وتحكم في تركيز المحلول والمحتوى الملحي في الماء ورقم الـ PH ومستوى الماء في الخزان .

وتصنع القنوات من غشاء بلاستيكي رقيق ، يفرد الغشاء وترفع الجوانب فتكون مجرى ذو مقطع عرضي مثلث قاعدته ٢٥٠ — ٣٠٠ مم . وتوجد قنوات سابقة التصنيع (جاهزة) .

ويصب المحلول المغذى بواسطة أنبوبة عند رأس الحوض فينسب في المجارى (القنوات) إلى خزان التجميع بفعل الجاذبية نتيجة انحدار هذه المجارى وتترك طبقة رقيقة من الرطوبة حول الجذور . ويجب أن يتدرج السطح بهتاية لتفادى مناطق يزداد فيها عمق المحلول وتستخدم أرضية الصوبة المفروشة بالخرسانة أو مناضد من الصلب ، ويمتد معدل تدفق ٢ لتر/دقيقة في كل قناة مناسبة .

ويوضع خزان التجميع تحت سطح الأرض ، ويجب أن يغطى لمنع وصول الضوء ونمو الطحالب وتقليل التلوث . ويمكن التحكم في مستوى المحلول بالخزان بواسطة صمام بمرومة توصل بالمأخذ الرئيسى للمياه أو استخدام نظام كهربائى .

ويجب رصد تركيز الأملاح بالمحلول وكذا رقم P H المحلول بصفة منتظمة
ومن رأى Cooper أن الأساس التقنى لهذه الطريقة هو :-

- تنمو النباتات عارية الجذور فلا يوجد أى بيعة صلبة حول الجذور .
- تنمو النباتات بحيث يكون المجموع الجذرى منقسما إلى قسمين أحدهما
فى المحلول والآخر فى الهواء (خارج المحلول) .

مميزات تقنية الغشاء المغذى

١ — لا حاجة للتعميق بين الزراعات المتتالية ، وفى ذلك توفير فى الجهد
والطاقة والوقت .

٢ — تقليل احتمالات تلوث البيعة ومصادر المياه .

٣ — التوفير فى الماء ، نظرا لأن المحلول المغذى يمر فى نظام مغلق ، فلا
يتعرض للتبخر .

٤ — يحضر المحلول المغذى ويختبر ويعمل فى مكان واحد ، ويمكن أن يجرى
ذلك آليا ، كما يمكن تدفئته بسهولة إلى الدرجة المناسبة .

٥ — يمكن مكافحة الآفات بسهولة بإضافة المبيدات — التى تمتص عن
طريق الجذور — إلى المحلول المغذى .

٦ — من أنسب أنواع المزارع للمناطق التى تكون أراضيها رملية أو
جيرية ، أو تقل فيها المياه الصالحة للزراعة .

مقارنة البيعة الصلبة مع الجذور بتقنيات الغشاء المغذى

من المعتاد أن تزرع الحاصلات فى بيعة صلبة هى التربة ، وقد تعود الجميع
على أن ذلك أفضل الوسائل ، وحتى الذين يستخدمون طريقة الغشاء المغذى
فى إنتاج الحاصلات فهناك ما يجهلهم باستمرار نحو التحول إلى البيعة الصلبة .
فتساءلون أليس من الأفضل وضع بعض المواد الكثيفة الماصة فى القناة وهى لا
تجمع تدفق المحلول المغذى . ويتساءل آخرون عن إمكان ملء القناة بالمادة

المضوية — بيت Peat — وفي نفس الوقت تغذية النبات بالمحلل. أو لماذا لا نضع طبقة من الحصى أو الرمل في قاع القناة فالكثيرون تعودوا على وجود بيئة صلبة نمو الجنور ويشعرون بضرورة العودة إليها . ويمكن مقارنة مزاياء البيئة الصلبة بتقنيات الغشاء المغذى كما يلي :

— يعتقد الكثيرون أن البيئة الصلبة ضرورية لنمو النبات بالعناصر المغذية وهذا الاعتقاد خاطيء .

— توفر البيئة الصلبة نمو الجنور ما يثبت النبات ، وهذا صحيح غير أن ذلك لا يعنى أنه لا يوجد ما يثبت النبات في غياب البيئة الصلبة . تقنيات الغشاء المغذى تضمن ثبات النبات — كما سنصف ذلك — كما لو كان بالأرض .

— أن البيئة الصلبة توفر احتياطي الماء للنبات الذى ينمو بها ، وهذا صحيح إلى حد ما ، إذ أنه ما لم يضاف الماء فإن هذا الاحتياطي يستنفذ بمضى الوقت . بينما في طريقة الغشاء المغذى لا يعاني النبات قط من نقص الماء كما يمكن الاحتفاظ بكمية كبيرة من الماء دون أن تعاني جنور النبات من نقص الهواء .

— توفر البيئة الصلبة احتياطيا من الهواء وذلك أيضا صحيح إلى حد ما إذ أن إضافة الماء تدفع الهواء خارج البيئة الصلبة للجنور بينما في حالة الغشاء المغذى يعتمد النبات على وفرة من الهواء في الجزء العلوى من الجنور في وجود زيادة من الماء في الجزء السفلى منها .

— تضمن البيئة الصلبة تنظيم المحلول من الناحية الغذائية Nutritional Buffer ، وهذا غير صحيح فقدره النبات على مقاومة نقص المغذيات أكثر كثيرا في حالة تدوير المحلول المغذى في غياب بيئة نمو الجنور الصلبة .

— توفر البيئة الصلبة للنبات وسطا خاليا من الأمراض والآفات ، وهذا واضح الخطأ .

والواقع إن مزايا الليقة الصلبة لم تعد أمراً مقنعاً ولا نستطيع إلا أن نقول إنه لا يوجد أية مزايا لليقة الصلبة نمو الجنور إلا كونها اقتصادية . فسطح الأرض موجود فإذا نثرنا عليه البنور فإن المطر كفيل بإنبات البنور ونمو البادرات وإضافة السماد تحسن الإنتاج وحتى بدون السماد فيمكن الحصول على قدر من الإنتاج . فاستخدام الأرض هو أرخص وأبسط نظم الزراعة ومعروف أن انخفاض تكلفة رأس المال والبساطة يعتبران مزايا اقتصادية هامة . وعلى أى حال فإن أساس استخدام تنمية الجنور في المحلول في طريقة الغشاء المغذى تعمل على تجنب التعقيدات وخفض التكلفة الرأسمالية . وتقويم رخص وبساطة كل من الزراعة العادية وطريقة الغشاء المغذى يجب أن يأخذ في الاعتبار العائد من كل من الطريقتين على أن هذا التقويم يجب ألا يتأثر بالاعتقاد بمزايا معينة لليقات الصلبة .

وفي الصفحات القادمة من كتابنا الحالي سنصف بإسهاب الأسس التي تقوم عليها تقنيات الغشاء المغذى .

الباب الثاني

كيف يتغذى النبات

التركيب الكيميائي للنبات
العناصر الضرورية لتغذية النبات
امتصاص النبات للعناصر المغذية
المحاليل المغذية في تقنيات الغشاء المغذي

التركيب الكيميائي للنبات .

تتكون النباتات من المادة الجافة والماء . ويتراوح نسبة محتوى الماء إلى أنسجة أعضاء النبات الخضرية والنامية بين ٧٠ و ٩٥ ٪ ، وفي أنسجة البنور بين ١٥ ٪ .

ووظائف الماء في النباتات مبنية على طبيعة خواصه الكيميائية والفيزيائية ، فهو يتميز بقدرة عالية على تخزين الحرارة فيقى النباتات من الحرارة العالية بفضل قابليته للتبخر . كما أنه مذيب جيد لكثير من المركبات ، ويتم فيه انحلال المركبات إلى أيونات فتقوم النباتات بامتصاص العناصر الضرورية لتغذيتها في صورة أيونية . وللماء أهمية خاصة في تحولات الطاقة في النباتات في عملية التمثيل الضوئي . وكمية الماء في خلايا أنسجة النبات هي أساس العمليات الفسيولوجية والكيميائية والحوية المختلفة ، إذ يشترك الماء مباشرة في عدد كبير من التفاعلات الكيميائية الحيوية من تركيب أو انحلال المركبات العضوية في الأحياء النباتية . وكمية الماء في النباتات تعتمد على نوع وعمر النبات وظروف توفر الماء وكذا على المنتج وعلى التغذية المعدنية نسبيا .

وتوجد المادة الجافة على هيئة مركبات عضوية هي البروتينات والمركبات النشوية الأخرى والمواد الكربوهيدراتية (سكريات ، نشا ، سليلوز والمواد البكتينية) والزيوت . وتختلف نسب هذه المواد حسب نوع النبات (جداول رقم ١ ، ٢ ، ٣) . كما تحتوي المادة الجافة على أملاح معدنية بنسبة ٥ إلى ١٠ ٪ من وزنها .

وتتكون المادة النباتية الجافة بصفة عامة من العناصر الآتية كنسب مئوية بالوزن :

الكربون (٤٥) ، الأوكسجين (٤٢) ، الهيدروجين (٦,٥) ،
النيتروجين والعناصر الأخرى (٦,٥) . وتزداد معرفتنا بعدد العناصر التي

تساهم في تركيب النبات بتقديم طرق التحليل الكيميائي . فالكربوهيدرات والدهون والمركبات العضوية غير التروجينية تتكون من ثلاثة عناصر هي الكربون والأوكسجين والهيدروجين ، أما البروتينات والمركبات العضوية التروجينية الأخرى فيدخل عنصر التروجين في تركيبها بالإضافة إلى العناصر الثلاثة المذكورة . والعناصر الأربعة السابقة تسمى بالعناصر العضوية الأساسية حيث تكون نحو ٩٥٪ من المادة الجافة للنبات . وعند حرق المادة النباتية فإن العناصر العضوية الأساسية تتطاير على شكل مركبات غازية وبخار الماء ، أما الرماذ المتبقى فيحتوى على العديد من العناصر في صورة أوكسيدات تكون نحو ٥٪ من كتلة المادة الجافة . ويطلق على التروجين وعناصر الرماذ من الفوسفور واليوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم والكبريت والتي يكون محتواها في النبات عاليا نسبيا « العناصر الغذائية الكبرى » .

وتحتاج النباتات بالإضافة إلى العناصر الغذائية الكبرى إلى كميات صغيرة من الحديد ، البورون ، المنجنيز ، النحاس ، الزنك ، المولبدنم ، الكلورين ، (الكوبلت والفاناديوم) . ويحتوى هذه العناصر في النبات ضئيل ويتراوح بين ٠.٠٠٠٠١٪ إلى ٠.٠٠١٪ ولهذا تسمى بالعناصر الصغرى أو الدقيقة .

ويدخل في تركيب النبات بكميات عالية نسبيا الصوديوم والسليكون كما يوجد برماذ النبات بنسب شديدة الانخفاض عدد كبير من العناصر التي تسمى بالعناصر الأثرية تتراوح من 10^{-6} إلى 10^{-8} ٪ . والوظائف الفسيولوجية لهذه العناصر لم تتحدد بشكل نهائى .

جدول رقم (١)

متوسط محتوى بعض محاصيل الحنظل والفاكهة من المواد الأساسية (نسبة مئوية على أساس وزن وطب) .

المحصول	السكريات	الأحماض المضوية	الزاد الغروميتية	النيلوز	الرماد	مض السكرزيك جم/١٠٠جم
الكزب	٤,٠	٣	١,٣	٨	٧	٣٠
القنيط	٢,٠	١	٢,٥	١,٢	٨	١٠٠
الطماطم	٣,٠	٥	٦	٢	٥	٣٠
القليل الحلو	٤,٠	٢	١,٥	١,٠	٧	٢٠٠
الباذنجان	٣,٠	٢	٩	١,٠	٥	٥
الخيار	١,٥	٥٥	٨	٥	٤	٥
البصل	١٠,٠	٢	١,٦	٦	٥	٧
الزوم	٥	٢	٧,٠	١,٠	١٠	١٥
النفاح	٩,٠	٧	٤	٨	٤	٢٥
المنب	١٨,٠	٧	٧	٢	٦	٦
البرقال	٧,٠	١,٤	٩	٢,٥	٧	٦٥
اليون	٢,٥	٥,٨	٩	٢,٥	٦	٥٥
الكشمري	١٠	٢	٤	٨	٤	١٥

من ياجودين Yagodin ١٩٨٢

جدول رقم (٢)

متوسط التركيب الكيميائي لبذور المحاصيل الزيتية (نسبة مئوية على أساس وزن جاف) .

المركب الكيميائي	مباد الشمس		النسبة
	البذرة كلها	الكائن	النسبة
الزيوت	٥٦	٣٤	٣٤
البروتين	٢٦	١٦	٢٢
السليلوز	٦	٢٥	١٩
كربوهيدرات أخرى	٦	٢٠	٢٠
رماد	٣,٨	٣,٨	٤

عن ماجودين Yagodin ١٩٨٢

جدول رقم (٣)

متوسط التركيب الكيميائي لفلات محاصيل الحبوب (نسبة مئوية على أساس وزن جاف) .

المركب	البروتين	النشا	الزيوت	السليلوز	البكتريات	الرماد
القمح	١٥	٦٠	١,٩	٢,٨	٤,٣	٢,٢
الجودار	١٢	٦٥	١,٧	٢,٢	٥,٠	٢,٠
الشوفان	١١	٤٥	٥,٥	١٤,٠	٢,٠	٣,٨
الشعير	٩	٥٥	٢,٠	٦,٠	٤,٠	٣,٥
الذرة	٩	٧٠	٤,٦	٢,١	٣,٠	١,٣
الأرز	٧	٦٣	٢,٣	١٢,٠	٣,٦	٦,٠
ذرة عريضة	١٢	٥٨	٤,٦	١١,٠	٣,٨	٤,٠
البسلة	٢٥	٤٣	١,٢	٦,٠	٨,٠	٣,٣
فول الرومي	٢٥	٤٢	١,٣	٦,٠	٦,٠	٣,٤
فول الصويا	٣٥	٣	٢,٠	٥,٠	١٠,٠	٥,٨
الحمص	٢٥	٤٣	٢,٣	٦,٠	٤,٨	٣,٢
الفاصوليا	٢٠	٥٥	١,٨	٣,٨	٥,٢	٣,٣
العدس	٢٠	٤٧	١,٠	٣,٦	٣,٥	٣,٣
الفرس	٣٢	٣	٥,٠	١٦,٠	٢,٠	٣,٨

عن ماجودين Yagodin ١٩٨٢

العناصر الضرورية لتغذية النبات

يوجد عدد من العناصر تعتبر ضرورية لتغذية النبات بمعنى أن النبات لا يتم دورة حياته بدونها وهي الكربون والهيدروجين والأوكسجين والنتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم والكبريت ، والحديد والزنك والمنجنيز والنحاس والبورون والمولبدنم والكلورين . ويحصل النبات على الكربون من ثاني أكسيد الكربون الجوى على الهيدروجين من الماء ، أما الأوكسجين فيحصل عليه من الهواء الجوى أو من الماء أيضا . ويطلق على هذه العناصر الثلاثة اسم « العناصر العضوية الأساسية » . ويطلق على النتروجين وعناصر الرماد مثل الفوسفور ، البوتاسيوم ، الكالسيوم ، المغنسيوم والكبريت والتي يحتوى النبات منها مقادير عالية نسبيا « العناصر الكرى » . أما عناصر الحديد ، البورون ، المنجنيز ، النحاس ، الزنك ، المولبدنم والكلورين والتي يحتوى النبات منها مقادير قليلة تسمى « بالعناصر الصغرى » .

ويمتص النبات النتروجين أكثر من أى من العناصر الأخرى حيث يشكل ١ — ٢٪ من البروتوبلازم الحى . أما الفوسفور ، البوتاسيوم ، الكالسيوم ، المغنسيوم والكبريت فتمتص بكميات أقل بكثير من النتروجين . ويمتص النبات باقى العناصر بكميات قليلة جدا . وبالإضافة إلى العناصر الضرورية ، فإن النبات يمتص أكثر من أربعين عنصرا آخر قد يكون لها تأثير مفيد ، رغم أنها لا تعتبر من العناصر الضرورية .

ولكل عنصر من العناصر الضرورية الكرى أو الصغرى فى النباتات وظيفة خاصة ، فلا يحمل أى عنصر محل آخر . أى أن هذه العناصر متساوية من حيث الأهمية الفسيولوجية . فالتنقص فى أى عنصر من العناصر الكرى أو الصغرى يؤدى إلى اختلال العمليات الفسيولوجية فى النبات ، وضعف نموه ، مما يؤدى إلى نقص فى غلته وجودته . وفى حالة النقص الحاد فى العناصر المغذية تظهر أعراض النقص الخاصة بالعنصر الناقص على النبات . ونوجز فيما يلى الدور الذى يؤدده كل عنصر من العناصر الضرورية للنبات .

الأوكسجين

توضح عملية التنفس وما يرتبط بها من أكسدة واختزال الدور الحيوى للأوكسجين فى النبات ، كما أنه يتحد مع الكثير من العناصر الأخرى لتكون المواد العضوية .والأكاسيد ، ويكون الأوكسجين حوالى ٥٠ فى المائة من المادة الجافة التى ينتجها النبات . وكما سبق أن ذكرنا .. يحصل النبات على حاجته من الأوكسجين من الهواء الجوى والماء . وقد أوضحت الدراسات التى استخدم فيها الماء المختوى على الأوكسجين النظر ١٨ — أن كل الأوكسجين المنتج أثناء عملية البناء الضوئى يأتى من الماء .

الكربون

يعتبر ثالى أكسيد الكربون الجوى المصدر الوحيد للنباتات لكى تبنى أجسامها بعملية البناء الضوئى . وتبلغ نسبة CO_2 بالجو حوالى ٠.٣٪ ولذلك يجب أن يستعمل النبات كميات ضخمة من الهواء حتى يحصل على حاجته من ثالى أكسيد الكربون ، ويعتقد أن زيادة نسبة ثالى أكسيد الكربون فى الهواء المحيط بالنبات عما هى فى الجو تزيد نمو النبات . ولذا ترفع نسبة CO_2 صناعيا فى جو الصوبات إلى أن يصبح عامل آخر هو المحدد للنمو ، مثل شدة الإضاءة ، أو درجة الحرارة . وقد أوضحت العديد من الدراسات أن نسبة غاز ثالى أكسيد الكربون تنخفض كثيرا حول النباتات فى البيوت الزجاجية ، وقد يستمر هذا الانخفاض لفترات طويلة . ويصاحب ذلك النقص انخفاض فى معدل البناء الضوئى يصل إلى ٥٠٪ عند انخفاض تركيز الغاز إلى ١٦٠ جزء فى المليون . وعلى العكس من ذلك فإن معدل البناء الضوئى يزداد بمقدار ٥٠٪ عند زيادة تركيز الغاز من ٣٣٥ إلى ١٠٠٠ جزء فى المليون . وقد تصل الزيادة فى البناء الضوئى إلى ١٠٠٪ إذا كانت الزيادة فى تركيز الغاز مصحوبة بإضاءة قوية وحرارة مرتفعة بالتقدير المناسب للنمو الباقى (Slack & Hand ١٩٨٤) .

الهيدروجين

يحصل النبات على حاجته من الهيدروجين من الماء ، وتور الماء في حياة النبات معروف ويدخل الهيدروجين في تركيب كثير من مركبات النبات مثل الكربوهيدرات والدهون والبروتينات . وتشارك العناصر الثلاثة — الأوكسجين والكربون والهيدروجين — في عملية البناء الضوئي .

النيتروجين

يدخل النيتروجين في تركيب البروتينات ، الأنزيمات ، الأحماض النووية ، الكلوروفيل ، الفيتامينات وبعض الهرمونات كما يدخل النيتروجين أيضا في تركيب مرافقات الإنزيمات الضرورية للعديد من الإنزيمات . وزيادة النيتروجين تشجع النمو الخضري ، وهى صفة مرغوبة في الخضرا الورقية . وتختلف أعراض نقص النيتروجين في نباتات الفلقة الواحدة ، عنه في نباتات الفلقتين ، حيث يتميز نقص النيتروجين في ذوات الفلقة الواحدة باصفرار وسط نصل الورقة ، مع بقاء الحواف خضراء . أما في النباتات ذات الفلقتين فتكون الورقة متجانسة بلون أخضر مفسفر ، وتظهر الأعراض في كليهما على الأوراق السفلى أولا ، فتصبح الأوراق خضراء باهتة ، سرعان ما يتحول لونها إلى الأصفر ، ويكون نمو النبات بطيئا ، كما يكون حجم الأعضاء النباتية الأخرى أقل من الحجم الطبيعي ، ويصبح النبات متخشبا . وفي حالات نقص النيتروجين الحاد وطويل الأمد تبدأ الأوراق السفلى في التيبس وتلف قبل ألوانها وتسقط . وقد يصاحب نقص النيتروجين في بعض النباتات تلون أعناق وعروق الأوراق باللون البنفسجى كما في الطماطم . أما في حالة إمداد النبات بالنيتروجين بشكل معتدل فتكون الأوراق ذات لون أخضر غامق ، ويكون التفرع في النباتات جيدا ، ويكون المجموع الخضري قويا وبمدها تتكون أعضاء الانتاج ذات القيمة العالية .

وتمتص النباتات النيتروجين في صورتين أساسيتين هما النترات والأمونيوم (قد تمتص الجنود بعض الصور الأخرى) ، وتحول هاتان الصورتان إلى

أحماض أمينية مختلفة بعد اختزال النترات إلى أمونيوم ثم بروتينات . ويحتاج النبات إلى كميات كبيرة نسبياً من النيتروجين ولذا فنقصه كثير الشيع كما أنه من العناصر التى تضاف إلى الأراضى والمحاليل الغذائية فى صورة أسمدة بكميات كبيرة .

الفوسفور

يدخل الفوسفور فى تركيب الأحماض النووية وبعض الدهون (الفوسفوليبيدات) ، بالإضافة إلى مساهمته فى تركيب الإنزيمات اللازمة لتفاعلات الطاقة المختلفة فى عمليات التنفس والتمثيل الضوئى ، وكذلك يدخل فى تركيب المركبات الفوسفورية ذات الروابط الغنية بالطاقة (الـ ATP والـ ADP) وفى مرافقات الإنزيمات (NAD و NADP) التى لها دور هام فى تفاعلات الأكسدة والاختزال ، ويعتمد عليها فى التفاعلات الحيوية الهامة فى التمثيل الضوئى والتنفس وفى غيرها من العمليات الحيوية . ويعتقد أن الفوسفوليبيدات Phospholipids تشكل مع البروتين جزءاً هاماً من الأغشية الخلوية ، ولذا فنقص الفوسفور يعتبر شديداً الضرر بالخلية إذ يمنع تكون النواة والسيوبلازم والأغشية الحديثة حول سطح الخلية ، كما يحتل تبادل الطاقة فى الأعضاء النباتية .

والنقص الشديد للفوسفور يؤثر فى جميع النباتات على تكوين أعضاء الإثمار ويؤخر النضج ويؤدى إلى نقص المحصول وانخفاض نجودته . فالنبات فى حالة نقص الفوسفور يبطئ نموه وتكتسب الأوراق اللون الرمادى المخضر ، الأرجوانى أو البنفسجى (الذى يبدأ من الحواف ثم ينتشر فى كل السطح) . وعلامات نقص الفوسفور عادة تظهر فى المراحل الأولى من نمو النبات ، فالجموع الجذرى للنبات فى هذه الحالة ضعيف .

ويعتص النبات الفوسفور على صورة أورثوفوسفات أحادية أى PO_4^{3-} وكذا بكميات أقل من الأورثوفوسفات الثنائية $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ ويعتقد أن النباتات يمكنها أيضاً امتصاص البيروفسفات والميتافوسفات .

البوتاسيوم

يتواجد البوتاسيوم كملح غير عضوى فى النبات ، إلا أنه يتواجد أيضا كملح بوتاس للأحماض العضوية . ويشترك البوتاسيوم فى تفاعلات تركيب ونقل الكربوهيدرات فى النبات . ويندر أن للبوتاسيوم علاقة بتمثيل الأحماض النووية فى النبات ، كما أن له أهمية كبيرة فى عملية انقسام الخلايا ، وتنظيم نفاذية الأغشية فى النبات . وقد وجد أن نقص البوتاسيوم يؤدى إلى تراكم مركبات النيتروجين الذائبة ، بينما يقل محتوى النباتات من النيتروجين ، ويعنى ذلك أن البوتاسيوم مرتبط بتمثيل البروتين . كما وجد أن نقص البوتاسيوم يؤدى أيضا إلى بطء عملية التمثيل الضوئى ، وزيادة التنفس .

ونقص البوتاسيوم بصفة عامة يؤدى إلى ظهور اسمرار داكن على حواف الأوراق أى « احتراق الحواف » إذ تأخذ حافة وعنق الورقة شكلا « محترقا » وتظهر بسطح الورقة بقع « الصدا » الصغيرة ، كما يلاحظ أن الخلايا لا تنمو بشكل متساو مما يؤدى إلى ظهور ثنايا والتفافات ذات قمم على الورقة . ويظهر على أوراق البطاطس لون برونزى خاص . وتصبح حواف أوراق الخيار المسنة صفراء ، ولكن يبقى العرق الوسطى والعروق الفرعية الأخرى خضراء اللون . وفى الطماطم تكون الأوراق خشنة الملمس ومجعدة وتلتف حوافها لأسفل ، وتصفّر ، وفى النهاية تتحول إلى اللون البنى . وعموما — يكون نمو النبات الذى ينقصه البوتاسيوم بطيئا ، ولا تكون الثمرة الواحدة متجانسة فى نضجها ، كما فى حالة النضج المتبقع فى الطماطم .

ورغم أن كثيرا من الباحثين قد أوضح ضرورة البوتاسيوم لنمو النبات فقد أوضحت بعض الدراسات إمكان استبداله بالصوديوم فى زراعات مائية بنسبة تصل إلى ٨٠٪ فى حالة بنجر السكر بينما لا يمكن استبداله اطلاقا بالنسبة إلى البطاطس . ولا زال موضوع مدى احتياج النبات للصوديوم وعلاوة البوتاسيوم والصوديوم بالنسبة لنمو النبات فى حاجة إلى مزيد من البحث .

الكالسيوم

يلعب الكالسيوم دوراً مهماً في التمثيل الضوئي وفي تحريك الكربوهيدرات ، وفي عمليات تمثيل النيتروجين في النبات . وهو يشارك في تشكيل الجدر الخلوية ، وينعكس نقص الكالسيوم بالدرجة الأولى على المجموع الجذري للنبات — حيث يبطئ نمو الجذور ولا تتكون الشعيرات الجذرية ، ثم تصبح الجذور مخاطية وتتحفن كما أن النقص في هذا العنصر يؤدي إلى توقف نمو الأوراق وظهور بقع صفراء عليها ومن ثم تصفر الأوراق وتتلف قبل أوانها . وعلامات نقص الكالسيوم تظهر أولاً بأول على الأوراق النامية الصغيرة نظراً لأن الكالسيوم عنصر مقيد فلا ينتقل من الأجزاء الناضجة إلى الأجزاء النامية إذا كان المقدار متاح منه غير كاف للنبات .

المغنسيوم

يدخل في تركيب الكلوروفيل ، ويشارك في حركة الفوسفور في النباتات ويؤثر على نشاط عمليات الأكسدة والاختزال . كما أن بكتات المغنسيوم (أملاح حامض البيكيك) تشترك مع بكتات الكالسيوم في لصق الياف السيليلوز عند بناء جدر الخلايا ، لذلك فهو ضروري لعملية انقسام الخلايا .

والمغنسيوم عامل منشط للعديد من الأنزيمات الهامة في تحولات التمثيل الغذائي للمواد الكربوهيدراتية . كما ينشط الانزيمات التي تشترك في تمثيل الأحماض النووية .

وفي حالة نقص المغنسيوم يقل محتوى الأجزاء الخضراء من النبات من الكلوروفيل ويبدأ الأصفرار بين عروق الورقة (العروق تظل خضراء) . ويؤدي النقص الحاد في هذا العنصر إلى الشكل الرخامي للأوراق والتواءها واصفرارها .

الحديد

يدخل في تركيب إنزيمات الأكسدة والاختزال للنباتات ويشارك في تخليق الكلوروفيل وفي عمليات التنفس ، كما يدخل في تركيب جزيء صبغة الهيم Heme ، وهي الصبغة الضرورية في المراحل الأخيرة من التنفس . وعند نقصه يختل تكوين الكلوروفيل في النباتات وبالأخص العنب والأشجار -يزداد الأصفرار ، وتفقد الأوراق لونها الأخضر وبعد ذلك تبيض وتسقط قبل أوانها .

النحاس

يدخل النحاس في تركيب العديد من إنزيمات الأكسدة والاختزال ويساهم في عملية التمثيل الضوئي كما يعتبر ضروريا لتكوين الكلوروفيل في النبات . ويصاحب نقص النحاس ظهور لون أصفر شاحب وباهت بالأوراق ، يعقبه فقدان اللون الأخضر كلية في قمة الأوراق . وتكون الأوراق في حالة مرتخية ، ويغطأ النمو .

الكبريت

يدخل الكبريت في تركيب البروتينات (يدخل في تركيب الأحماض الأمينية : سيستين ، سيستين وميثيونين) ومركبات عضوية أخرى كالانزيمات ، الفيتامينات ، وزيوت الخردل والثوم . كما يشترك الكبريت في عمليات التنفس وتخليق الدهون . وأكثر النباتات احتواء على الكبريت هي تلك التابعة للعائلة البقولية والصلبية وكذلك البطاطا . وفي حالة نقص الكبريت في النبات تتكون أوراق صغيرة ذات لون أصفر لامع على السيقان ، كما يؤدي إلى سوء نمو وتطور النبات . ونادرا ما تظهر أعراض نقص الكبريت لتوفره في الأسمدة المختلفة ويمتص على صورة أيون الكبريتات فقط .

الزنك

يسبب نقص الزنك تأثيرا متعدد الجوانب على تبادل الطاقة والمواد في النباتات ، وذلك نتيجة لمشاركته في تركيب أنزيمات متعددة وفي تخليق مواد النمو (الأوكسينات) ، إذ يقل نمو النباتات بصورة حادة ويختل التمثيل الضوئي وعمليات الفسفرة ، وتخليق الكربوهيدرات والبروتينات . وتظهر أعراض نقص الزنك على الأوراق الحديثة أولا ، حيث يؤدي نقصه إلى ظهور لون مصفر بين العروق في الورقة ، وتظل العروق خضراء ، وتكون الأوراق صغيرة ، وضيقة ، ومبرقشة ، ومشوهة ، وغير منتظمة الشكل ، وملتوية ، ومتزاحمة على أفرع قصيرة . فتأخذ شكلا متوردا . وعند الإصابة الحادة فإن الأغصان تلتف ويؤدي ذلك إلى ظهور تيس القمم . وعموما تختلف أعراض نقص الزنك من محصول لآخر .

المنجنيز

يدخل في تركيب أنزيمات الأكسدة والاختزال . فهو يعمل كمنشط أنزيمي في عمليات التنفس وتمثيل البروتين . كما يعد المنجنيز عنصرا منشطا لتكوين الكلوروفيل . وهو يلعب دورا هاما في امتصاص النبات للنيتروجين على شكل نترات أو أمونيا . ويعتبر البنجر والنباتات الدرنية الأخرى ومحاصيل الحبوب وكذلك التفاح والكريز والعليق والطماطم والسباغ من النباتات الأكثر حساسية لنقصه والتي تتطلب وجوده . والأعراض الأكثر ارتباطا بنقص المنجنيز هي الاصفرار الشديد للأوراق ، حيث تظهر على سطح الورقة وبين العروق بقع صغيرة صفراء ومن ثم فإن الأقسام المصابة تلتف .

البورون

من المعتقد أن البورون يلعب دورا في تكوين الجدر الخلوية ، وفي انتقال السكريات في النبات . كما أنه ضروري لانقسام الخلايا ، وتكوين اللحاء ، وانتقال بعض المورمونات ، وانبثاق حبوب اللقاح . والبورون عنصر غير متحرك داخل النبات لذلك تظهر أعراض نقصه على الأوراق الحديثة أولا .

وتبدأ أعراض نقص البورون في الظهور بانحيار خلايا الأنسجة المرستمية التي تحدث فيها انقسامات نشطة ، وهي القمم النامية ومناطق الكاسيوم . وتأثر الحزم الوعائية بالجذور والسيقان ، ويصطل انتقال الماء فيها ، فيحدث الذبول الذى يكون غالبا بداية لظهور أعراض نقص المنصر . وفي حالات نقص الشديدة تموت القمم النامية ، وتتشوه الأوراق الحديثة ، وتظهر بقع بنية أو سوداء قلبية في أعضاء التخزين من جذور ودرنات .

المولبدنم

يدخل في تركيب أحد الأنزيمات التي تخترل الترات في النبات إلى أمونيا ، كما يشارك في عمليات تثبيت النيتروجين الجوى التي تقوم بها البقوليات في التكافل مع بكتريا العقد الجذرية وأحياء التربة المثبتة للنيتروجين التي تتواجد بشكل حر . والأعراض الخارجية لنقص المولبدنم تتشابه مع أعراض نقص النيتروجين وهي توقف واضح نمو النبات ، وعلى أثر ذلك يختل تركيب الكلوروفيل وتتحول النباتات إلى أخضر باهت . كما أن نقص المولبدنم يقوم بالحد من تطور العقد على جذور البقوليات ، وتشوه الأوراق وتلفها قبل ألوانها وانخفاض كبير في الغلة الانتاجية وفي محتوى البروتين في النباتات . وأكثر الحضرارات احتياجا للمولبدنم هي : الحس والقنبيط والطماطم والخيار والبصل والسباخ .

الكلورين

ثبت بالتجربة أن عنصر الكلورين ضرورى في عملية التخليق الضوئى ، لأنه يساهم في عملية أكسدة الماء . كما ثبت أيضا أن عنصر الكلورين ضرورى للطماطم في المزارع المائية ، ولكن لم يلاحظ نقص الكلورين على النباتات لتوفره كشوائب في التربة والماء والأمهية .

عناصر أخرى :

ثبتت أهمية عدد من العناصر الأخرى نمو النباتات طبيعيا ، ولكن لا يوجد دليل على ضرورتها لكل النباتات ، هذه العناصر هي :

الموديوم

ضروري للألمني الزرقاء المخضرة ونبات الأتريلكس ووظيفته في النبات شديدة الارتباط بالكلورين .

الكوبالت

لم تثبت ضرورة هذا العنصر للنبات بعد ولكن ثبتت ضرورته لبعض الطحالب الزرقاء المخضرة فقط ولو أن بعض الباحثين يعتقدون أن للعنصر دورا حيويا في النبات يستلزم وجود كمية ضئيلة منه في بيئة النمو .

السليكون

ثبتت ضرورة السليكون للأرز وللمعبد من الطحالب ، كما وجد أنه يحسن نمو الشعير وعباد الشمس .

الجاليوم

لم تثبت ضرورة الجالسيوم Gallium إلا لنبات حشيشة البط Duck weed ولقطر Aspergillus niger .

الألمنيوم

يحسن الألمنيوم من نمو المعبد من النباتات .

الفاناديوم

لم تثبت ضرورة الفاناديوم Vanadium إلا بالنسبة لبعض الطحالب المخضراء .

السليوم

يعتبر السليوم Selenium ضروريا لعدد قليل من النباتات .

ونود أن نوجه النظر إلى أن التحليل الكيميائي لأنسجة النباتات قد يوضح وجود عدد من العناصر التي لا تعتبر ضرورية لحو النبات واستكمال دورة حياته ، ويجب ألا يفهم من وجود هذه العناصر بأنسجة النبات أنها ضرورية له ، غير أن النبات يمتصها ضمن ما يمتص من العناصر المختلفة .

وتجدر الإشارة إلى أن النبات يمتص العناصر المختلفة نتيجة آليات أو ظروف تعتمد على الخواص الفيزيائية الكيميائية والفسولوجية وقد يؤدي ذلك إلى امتصاص عناصر ضارة أو سامة بالنبات أو زيادة امتصاص بعض العناصر الضرورية بدرجة تؤدي إلى حدوث أضرار بالنبات مثل امتصاص الصوديوم بواسطة النباتات النامية في الأراضي المتأثرة بالأملاح أو امتصاص البورون عندما يزيد تركيزه في ماء الري أو بيئة النمو .

امتصاص النبات للعناصر المغذية

نمو النبات محصلة لموامل شديدة التعقيد ، ولذلك قابل الباحثون صعوبات مختلفة عند دراستهم لتغذية النبات ، وبعد أن عرفوا أن النبات يمتص العناصر في صورة أيونية عمدوا إلى دراسة تنمية النباتات في محاليل العناصر الغذائية تبسيطاً للموامل التي تؤثر على امتصاص هذه العناصر عند تنمية النبات في الأرض . وعند استعمال المحاليل المغذية لتنمية النباتات اتضح أنه يجب توافر الشروط الآتية فيها :

١ — أن تحضر هذه المحاليل بحيث تحتوى تركيزات من العناصر تتناسب مع معدلات امتصاص النبات لها حتى لا ينفذ أحدها من المحلول قبل العناصر الأخرى .

٢ — أن تكون متوازنة أى يمتص النبات منها مقادير من الكاتيونات مساوية تقريباً لما يمتصه من الأنيونات حتى تتفادى تحول المحلول إلى الحموضة الزائدة إذا امتص النبات مقداراً من الكاتيونات أكبر من الأنيونات وهو ما يعبر عنه « بالحموضة الفسيولوجية » ، أو تحوله إلى القلوية بزيادة امتصاص الأنيونات عن الكاتيونات وهو ما يعبر عنه « بالقلوية الفسيولوجية » .

٣ — أن يتوافق تركيب المحلول المغذى مع نوع النبات الذى ينمو فيه . وينمو الكثير من أنواع النباتات في محاليل أطلق عليها « محاليل قياسية » أى تصلح لعدد من النباتات .

وعند تنمية النباتات في المحاليل يقتضى أن يكون تركيز الأملاح بالمحلول بين ١٪ و ٢٪ (وقد يرتفع إلى ٥٪ لظروف خاصة) وهذا التركيز يعادل ضغطاً أسموزياً قدره ٥,٥ — ١,٥ جو .

ويتم امتصاص كل من النيتروجين وعناصر الرماد من المحاليل الغذائية أو التربة بواسطة السطح الفعال للمجموع الجذرى الخاص بالنبات على شكل

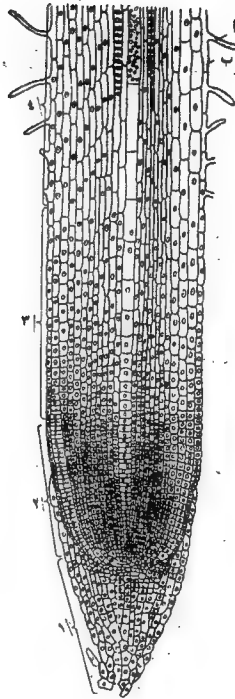
أيونات (سالبة أو موجبة) . فالنيوتروجين يمكن أن يمتص على هيئة أيونات النترات السالبة و NO^- وأيونات الأمونيوم الموجبة NH_4^+ . أما بالنسبة للفوسفور والكبريت فيمتصان في صورة أيونات سالبة من حامض الفوسفوريك والكبريتيك (H_2PO_4^- ، SO_4^{2-}) ، وتمتص عناصر كل من البوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم على هيئة أيونات موجبة Ca^{2+} ، Mg^{2+} ، K^+ أما العناصر الصغرى فيمتص إما على شكل أيونات سالبة (anions) أو أيونات موجبة Cations .

الجهاز الجذري للنبات وقدرته على الامتصاص

يختلف تركيب المجموع الجذري وانتشاره وغطى توزيعه وقدرته على الامتصاص باختلاف النبات . ويتم امتصاص العناصر المغذية بواسطة الشعيرات الجذرية الحديثة النامية وهى الجزء النشط أو الفعال من الجهاز الجذري . ومع تقدم نمو كل شجرة جذرية يزداد سمك جدارها السطحى ويغطى بالنسيج الفلينى فتفقد قدرتها على امتصاص العناصر الغذائية .

ويكون الجهاز الجذري المتشعب للنبات سطح امتصاص كبير وتغير مساحة هذا السطح خلال نمو النبات حتى يصبح أكبر مساحة مما تكون فى مرحلة التزهير . وحتى نستطيع إدراك عملية امتصاص النباتات للمواد الغذائية يجب التعرف على البناء الأول للجذر (شكل رقم ٣) . ينمو الجذر من طرفه السفلى ، المغطى بالقلنسوة التى تحافظ عليه ، وتقع منطقة الخلايا الخشبية المتجددة بالقرب من المنطقة الخالية من الشعيرات الجذرية ، وتوجد أعلى منطقة الخلايا الخشبية منطقة الاستطالة التى يبدأ فيها تمايز الأنسجة الناقلة ، كما يوجد فى هذه المنطقة أيضا نظام الأوعية الناقلة فى النبات (الحاء) ، والذى تتم بواسطة حركة المواد العضوية من الأعضاء العلوية للنبات إلى الجذر . وفى هذه المنطقة أيضا يكتمل تكوين القسم المساعد من النظام الناقل (الخشب) والذى تتم خلاله حركة الماء (وكذلك جزء من الأيونات الممتصة والمواد

شكل رقم (٣) — البناء الأولي للجذر
 ١ — القنسوة ، ٢ — منطقة الخلايا
 المجدبة ، ٣ — منطقة خلايا الاسطوانة ،
 ٤ — منطقة الشعيرات الجذرية ،
 أ — الشعيرات ، ب — الفلاف المخرط



العضوية المختلفة في الجذور) من المجموع الجذرى إلى المجموع الخضرى والجزء العلوى من النبات بصفة عامة .

أما الشعيرات الجذرية فهي عبارة عن نموات دقيقة للخلايا الخارجية ذات قطر ٥ — ٧٢ ميكرون وطول من ٨٠ — ١٥٠٠ ميكرون ، علما بأن عدد الشعيرات الجذرية يصل إلى عدة مئات لكل ملليمتر مربع من سطح الجذر في هذه المنطقة ، وتؤدي الشعيرات الجذرية إلى تضاعف مساحة سطح المجموع الجذرى عشرات المرات وبالتالي تزداد قدرته على امتصاص المواد الغذائية .

وعلى امتداد المسافة الواقعة بين نهاية الجذر ونهاية منطقة الشعيرات الجذرية لا توجد قشرة بالغلاف السيلولوزى للخلايا وبهذا يكون سهل النفاذية ، ويساهم هذا الجزء من الجذر والخالى من القشرة في امتصاص الماء والمواد الغذائية من المحاليل المغذية أو من التربة . علما بأن أعلى كفاءة امتصاصية للأيونات تم في منطقة تكوين الشعيرات الجذرية ، والأيونات الداخلة تتحرك من هذا المكان إلى باقى أجزاء النبات .

تأثير ظروف الوسط على امتصاص العناصر المغذية

تمتلك جذور النبات قدرة امتصاصية عالية جدا ، فهي تستطيع أن تمتص المواد الغذائية من المحاليل المخففة جدا ، كما أن أغلبية النباتات تنمو بشكل اعتيادى عندما يحتوى اللتر الواحد من المحلول على ٢٠ — ٣٠ مجم من النيتروجين و K_2O ، ١٠ — ١٥ مجم من P_2O_5 وحتى بدرجات أكثر انخفاضاً من هذه التركيزات في حالة استمرار تجديد هذه المحاليل . كما أن نسبة الملعق في المحلول دوراً مهماً بالنسبة للنمو الطبيعى للجذور أو ما سبق أن عرفناه بالتوازن الفسيولوجى ، فالمحلول المتوازن فسيولوجياً هو ذلك الذى يحتوى على عدد من العناصر المغذية بنسب تلائم أفضل استعمال لها بالنبات ، أما المحلول المكون من ملح واحد فيعتبر غير متوازن فسيولوجياً . فالتركيز العالى لهذا الملعق في المحلول يؤثر تأثيراً سلبياً على النبات وبالأخص إذا كانت الزيادة في الأيون

الموجب الحامل لشحنة واحدة (أحادى التكافؤ) ، فالجنور تنمو بشكل أفضل في المحلول متعدد الأملاح ، حيث يتم هنا ما يسمى بالتضاد الأيوني Ionic antagonism وهو أن يمنع الأيون دخول الزيادة من أيون آخر إلى خلايا الجنر ، فعل سبيل المثال عندما يتواجد الكالسيوم Ca^{+2} بتركيز عال يؤدي إلى خفض أو إيقاف دخول زيادة من أيونات البوتاسيوم K^{+} ، المغنسيوم Mg^{+2} والصوديوم Na^{+} . ويتم علاقات التضاد من هذا النوع بالنسبة للكاتيونات K^{+} ، Na^{+} و K^{+} ، NH_4^{+} و K^{+} ، Mg^{+2} والنسبة للأنيونات NO_3^{-} ، $H_2PO_4^{-}$ و Cl^{-} وغيرها .

ومن جانب آخر فإن أشد علاقات التضاد تظهر بين الأيونات الأحادية التكافؤ خاصة إذا كان تركيز أحدها أكبر بكثير من تركيز الأيون الآخر أو الأيونات الأخرى . وأفضل طريقة لتجديد التوازن الفسيولوجي هي إضافة أملاح الكالسيوم إلى المحلول ، إذ عند تواجد هذا الأيون في المحلول تنشأ ظروف طبيعية تلائم نمو النظام الجنري ، ولهذا ففي المحاليل المغذية الصناعية يجب أن يسود الكالسيوم على كل الأيونات الأخرى .

ويتدهور نمو الجنور بشدة ويقل دخول المواد المغذية إليها عندما يكون تركيز أيونات الهيدروجين عاليا ، وبمعنى آخر عند إزدياد الحموضة في المحلول . ويؤثر التركيز العالي من هذا الأيون سلبيا على الخواص الفيزيائية الكيميائية لسيتوبلازم خلايا الجنور . فالحلايا الخارجية للجنر تصبح لزجة وتحتل نفاذيتها ويتدهور نمو الجنر ويقل امتصاصه من المواد المغذية . والتأثير السالب للتفاعل الحامضي يظهر بشدة في حالة قلة أو عدم وجود الأيونات الموجبة الأخرى وبالأخص الكالسيوم في المحلول . فأيون الكالسيوم يوقف دخول أيونات الهيدروجين ، لهذا يلاحظ أنه عند زيادة كمية الكالسيوم تصبح النباتات أكثر قدرة على تحمل الحموضة عنها في حالة عدم وجوده .

من ذلك نستنتج أن تأثير المحلول (رقم PH) يؤثر على دخول بعض الأيونات إلى النباتات وعلى تبادل المواد ، فعند التأثير الحامضى (رقم PH منخفض) يزداد دخول الأيونات السالبة ويقل دخول الأيونات الموجبة ، حيث تحتل عملية تغذية النبات بالنسبة لكل من الكالسيوم والمغنسيوم ويتوقف تخليق البروتين ويتمرقل تكوين السكريات في النبات .

أما في حالة التأثير القاعدى فيزداد دخول الأيونات الموجبة وبالمقابل يصعب دخول السالبة .

المحاليل المغذية في تقنيات الغشاء المغذى

يجب أن يحتوى المحلول المغذى جميع العناصر الغذائية الضرورية نمو النبات . وقد يتواجد بعض العناصر بكميات كافية كشوائب في الماء غير أنه يجب إضافة العناصر الأخرى للمحلول . كما يجب أيضا المحافظة على التركيز المناسب من كل منها .

تركيز المحاليل المغذية

أولا يجب أن نعرف ما هو التركيز . فعندما تذاب مادة مثل فوسفات البوتاسيوم في الماء يقال إن الماء « مذيب » وفوسفات البوتاسيوم « مذاب » ويتكون المحلول من مذاب ينتشر في المذيب بحيث لا يرى ويعبر عن كمية المذاب بالنسبة لكمية المذيب بتركيز المحلول . وتوجد عدة طرق للتعبير عن التركيز . وأحد هذه الطرق شائعة الإستعمال هي أجزاء المذاب لكل مليون جزء من المذيب ويختصر عادة بالجزء في المليون (ح/م PPM) . وعند حساب تركيز الجزء في المليون عندما يكون الماء هو المذيب فيجب استخدام الجرام إذ أن كل ١ مليلتر من الماء يزن واحد جرام تقريبا .

نفترض أنه يراد تجهيز محلول مغذٍ يحتوى على ٦٠ جزء في المليون من الفوسفور وأن المادة التي سوف نمدنا بالفوسفور هي فوسفات البوتاسيوم ثنائى الهيدروجين KH_2PO_4 . وكل جزئ من فوسفات البوتاسيوم يحتوى ذرة بوتاسيوم (K) واحدة وذرتين من الهيدروجين (H) وذرة من الفوسفور (P) وأربع ذرات من الأكسجين (O) . والوزن الذرى للبوتاسيوم = ٣٩ وللهيدروجين = ١ وللفسفور = ٣١ وللأكسجين = ١٦ (جدول رقم ٤) . وعلى ذلك يكون الوزن الجزيء لفوسفات البوتاسيوم (KH_2PO_4) .

جدول رقم (٤) : الوزن الذرى التقريبى لبعض العناصر

الوزن الذرى	الرمز	العنصر
١١	B	بورون
٤٠	Ca	كالىسيوم
١٢	C	كربون
٣٥	Cl	كلورين
٥٩	Co	كوبالت
٦٤	Cu	نحاس
١	H	هيدروجين
٥٦	Fe	حديد
٢٤	Mg	مغنسيوم
٥٥	Mn	منجنيز
٩٦	Mo	موليدم
١٤	N	نيتروجين
١٦	O	أكسجين
٣١	P	فوسفور
٣٩	K	پوتاسيوم
٢٣	Na	صوديوم
٣٢	S	كبريت
٦٥	Zn	زنك

$١٣٦ = (١٦ \times ٤) + ٣١ + (١ \times ٢) + ٣٩$. ولهذا يكون فى كل
 ١٣٦ جرام من فوسفات البوتاسيوم ٣١ جرام من الفوسفور . وبالتالى فواحد
 جرام من الفوسفور يوجد فى $\frac{١٣٦}{٣١}$ جرام من فوسفات البوتاسيوم . وإذا

أذيت هذه الوزنة في مليون جرام من الماء (مليون مليلتر أو ١٠٠٠ لتر)
 تعطى ١ جزء في المليون من الفوسفور . لهذا فتركيز ٦٠ جزء في المليون من
 الفوسفور يلزمه كمية من فوسفات البوتاسيوم قدرها ٢٦٣ جرام ($\frac{136}{31} \times 60$)
 ٦٠) تذاب في ١٠٠٠ لتر من الماء . وباختصار تكون خطوات الحساب
 كالآتي :

- ١ — يكتب التركيز المطلوب من العنصر : ٦٠ جزء في المليون فو .
- ٢ — يحسب الوزن الجزيء من المادة المستخدمة : $KH_2PO_4 = 136$.
- ٣ — يحسب وزن المادة الذي يعطى ١ جزء في المليون فو : $\frac{136}{31}$ جرام .
- ٤ — يحسب وزن المادة الذي يلزم لاعطاء ٦٠ جزء في المليون فو :

$$60 \times \frac{136}{31} = 263 \text{ جرام}$$

وعند إذابة ٢٦٣ جرام من فوسفات البوتاسيوم في ١٠٠٠ لتر من الماء فإن
 المحلول المُنذَى لا يحتوى على ٦٠ جزء في المليون من الفوسفور فقط وإنما
 يحتوى أيضا على بعض البوتاسيوم . وتركيز البوتاسيوم في المحلول يحسب
 كالآتي :

- ١ — الوزن الجزيء لفوسفات البوتاسيوم $(KH_2PO_4) = 136$.
- ٢ — نسبة البوتاسيوم في فوسفات البوتاسيوم $= \frac{K}{KH_2PO_4} = \frac{39}{136}$.
- ٣ — وزن البوتاسيوم في فوسفات البوتاسيوم المذابة $= \frac{39}{136} \times 263 = 75$ جرام .

ولأن فوسفات البوتاسيوم مذاب في ١٠٠٠ لتر من الماء فهذا يعنى أن
 تركيز البوتاسيوم يكون ٧٥ جزء في المليون بينما تركيز البوتاسيوم المطلوب في

المحلول المغذى ٣٠٠ جزء في المليون (جدول رقم ٥) . لهذا يجب إضافة ٢٢٥ جزء في المليون من البوتاسيوم بدون إضافة أى زيادة من الفوسفور — ويمكن تحقيق ذلك بإضافة نترات البوتاسيوم (KNO_3) . ومن جدول رقم ٤ فإن الوزن الجزئى لنترات البوتاسيوم يكون $39 + 14 + (3 \times 16) = 101$.

جدول رقم (٥) : التركيزات النموذجية (جزء في المليون)
للعناصر في المحلول المغذى المناسب
لنظام الغشاء المغذى

التركيز	الرمز	العنصر
٢٠٠	N	نيتروجين
٦٠	P	فوسفور
٣٠٠	K	بوتاسيوم
١٧٠	Ca	كالمسيوم
٥٠	Mg	مغنسيوم
١٢	Fe	حديد
٢	Mn	منجنيز
٣	B	بورون
١	Cu	نحاس
٣	Mo	مولبيدوم
١	Zn	زنك

وفى جزء واحد من نترات البوتاسيوم يوجد ذرة واحدة من البوتاسيوم . وعلى هذا فإن كمية نترات البوتاسيوم التى تعطى ١ جزء فى المليون

(1 ppm) بوتاسيوم تكون $\frac{1.01}{39}$ جرام لأنه في كل 1.01 جرام من نترات

البوتاسيوم يوجد 39 جرام من البوتاسيوم . لهذا فكمية نترات البوتاسيوم التي تحتاج إليها لتعطى 225 جزء في المليون K هي $\frac{1.01 \times 225}{39} = 583$ جرام .

وعلى هذا فإن إضافة 583 جرام من نترات البوتاسيوم للمحلول المغذى سوف تمدنا أيضا ببعض النيتروجين .

ونسبة النيتروجين في نترات البوتاسيوم من الأوزان الذرية والجزيئية المعطاة سابقا تكون $\frac{14}{101}$. وعلى ذلك فوزن النيتروجين في 583 جرام من نترات

البوتاسيوم يكون $81 = \frac{14}{101} \times 583$ جرام . أى أن تركيز النيتروجين في

المحلول المغذى يكون 81 جزء في المليون لأن حجم المحلول المغذى والمذاب فيه نترات البوتاسيوم هو 1000 لتر . ولكن من جدول رقم 5 فإن تركيز النيتروجين المناسب هو 200 جزء في المليون . وبناء على ذلك يلزمنا 119 جزء في المليون من النيتروجين بدون إضافة أى زيادة من البوتاسيوم . وهذا يمكن تحقيقه بإضافة نترات الكالسيوم $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. فمن جدول رقم 4 يكون الوزن الجزيء لنترات الكالسيوم هو $40 + 2[14 + 3 \times 16] = 236$. وفى كل جزء من نترات الكالسيوم يوجد ذرتان من النيتروجين . وعلى هذا فكمية نترات الكالسيوم التي تعطى 1 جزء في المليون من النيتروجين (N) تكون $\frac{236}{14 \times 2}$ جرام .

وبذلك فكمية نترات الكالسيوم اللازمة لأعطاء الـ 119 جزء في المليون من النيتروجين هي $10.3 = 119 \times \frac{236}{14 \times 2}$. ولكن إضافة 10.3

جرام من نترات الكالسيوم للمحلول المغذى سوف تمدنا أيضا ببعض الكالسيوم . ونسبة الكالسيوم في نترات الكالسيوم من معرفة الأوزان الذرية

والجزئية المطلقة سابقا هي $\frac{40}{236}$. وعليه يكون وزن الكالسيوم في الـ ١٠٠٣

جرام من نترات الكالسيوم هو $1003 \times \frac{40}{236} = 170$ جرام . هذا يعنى

أن تركيز الكالسيوم في المحلول المغذى يكون ١٧٠ جزء في المليون لأن حجم المحلول المغذى المذاب فيه نترات الكالسيوم هو ١٠٠٠ لتر .

إذن بإذابة ٢٦٣ جرام من فوسفات البوتاسيوم ، ٥٨٣ جرام من نترات البوتاسيوم و ١٠٠٣ جرام من نترات الكالسيوم في ١٠٠٠ لتر من الماء تمطى محلولاً مغذياً يحتوى على ٦٠ جزء في المليون فو (P) ، ٣٠٠ جزء في المليون يو (K) ، ٢٠٠ جزء في المليون ن (N) و ١٧٠ جزء في المليون كالسيوم Ca . ومن الضروري الاستمرار في اضافة المواد للماء حتى يتواجد في المحلول كل العناصر الضرورية والموضحة في جدول رقم ٥ .

ويمكن اضافة المغنسيوم على صورة كبريتات المغنسيوم والحساب يكون كالآتى :

١ - المطلوب ٥٠ جزء في المليون مغنسيوم .

٢ - الوزن الجزئى لكبريتات المغنسيوم = $[24 + 32 + (4 \times 16)]$
 $246 = [16 + (1 \times 2)] \times 7$.

٣ - أجزاء في المليون مغنسيوم = $\frac{246}{24}$ جرام كبريتات ماغنسيوم .

٤ - ٥٠ جزء في المليون مغنسيوم = $\frac{246 \times 50}{24} = 513$ جرام كبريتات

مغنسيوم .

أى يلزم إذابة ٥١٣ جرام من كبريتات المغنسيوم في ١٠٠٠ لتر من المحلول المغذى .

ويمكن أن يضاف الحديد في صورة حديد حديد (أي مخلوب) (Fe Na-EDTA) . والمخلوب أو التقييد عملية كيميائية يتفاعل فيها المركب العضوى مع الأيون المعدنى ليكون معقدا ثابتا ذاتيا في الماء وعاملا نسبيا . والمصور البسيطة من الحديد غير ثابتة نسبيا في المحاليل المائية — فيمكن أن يتحول الحديد إلى صورة لا يستطيع النبات امتصاصها . والمخلوب يعطى ثباتا أكبر . والحديد المخلوب Fe-EDTA هو ملح الحديد في أحادى الصوديوم لحمض الايثيلين داي أمين ثلاثى حمض الخليك $\text{Ethylene diamine tetraacetic acid}$ والحساب يكون كالآتى :

١ — مطلوب ١٢ جزء في المليون حديد .

$$٢ — \text{الحديد المخلوب وزنه الجزيء} = ٢ [١٢ + ٢ + ١٤ + (٢) \times ٥٨] = ٢٦٧$$

$$٣ — ١ جزء في المليون حديد (Fe) = \frac{٣٦٧}{٥٦} \text{ جرام حديد مخلوب} .$$

$$٤ — ١٢ جزء في المليون حديد (Fe) = \frac{٣٦٧}{٥٦} \times ١٢ = ٧٩ \text{ جرام}$$

حديد مخلوب .

ويمكن اضافة المنجنيز في صورة كبريتات منجنيز ومطلوب بنسبة ٢ جزء في المليون Mn . وكبريتات المنجنيز $\text{Mn SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ وزنها الجزيء = ١٦٩ . وواحد جزء في المليون Mn = $\frac{١٦٩}{٥٥}$ جرام كبريتات منجنيز و ٢ جزء في

$$\text{المليون Mn} = \frac{١٦٩}{٥٥} \times ٢ = ٦,١ \text{ جرام كبريتات منجنيز} .$$

والبورون مصدره حامض البوريك (H_3BO_3) والتركيز المطلوب ٣ جزء في المليون (B) . والوزن الجزيء لحمض البوريك = ٦٢ . فواحد جزء في المليون بورون (B) = $\frac{٦٢}{١١}$ جرام حامض بوريك .

وبذلك يكون ٣ جزء في المليون يورون $= 3 \times \frac{62}{11} = 1,7$ جرام

حامض يوريك .

والنحاس مصدره كبريتات النحاس ومطلوب ١ جزء في المليون نحاس
 Cu . والوزن الجزيء لكبريتات النحاس $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ يساوي ٦٤ +
 $32 + 16 \times 4 + 5 \times [16 + (1 \times 2)] = 250$. فواحد جزء في
 المليون $\text{Cu} = \frac{250}{64}$ جرام كبريتات نحاس . وبذلك يكون ١ جزء في المليون
 $\text{Cu} = 1 \times \frac{250}{64} = 3,9$, جرام كبريتات نحاس .

ومصدر المولبدنم هو مولبيدات الأمونيوم $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
 ومطلوب ٢ جزء في المليون Mo . والوزن الجزيء لمولبيدات الأمونيوم هو
 ١٢٣٦ يكون :

١ جزء في المليون $\text{Mo} = \frac{1236}{96 \times 7}$ جرام مولبيدات أمونيوم وبذلك يكون
 ٢ جزء في المليون $\text{Mo} = 2 \times \frac{1236}{96 \times 7} = 3,7$, جرام مولبيدات أمونيوم .

وكمية النيتروجين المضافة من مولبيدات الأمونيوم يمكن إهمالها لأنها نسبة
 صغيرة جدا بالنسبة للنيتروجين الكلي المضاف .

ومصدر الزنك هو كبريتات الزنك ومطلوب منه ١ جزء في المليون Zn
 وكبريتات الزنك $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ لها وزن جزيء ٢٨٧ وبذلك يكون :

١ جزء في المليون $\text{Zn} = \frac{287}{70}$ جرام كبريتات زنك و ١ جزء في المليون
 $\text{Zn} = 1 \times \frac{287}{70} = 4,1$, جرام كبريتات زنك .

هذه الحسابات تعطى أوزان المواد المطلوبة إذا ثبت أن ١.٠٠٠ لتر من الماء (جدول رقم ٦) لتعطى التركيزات النموذجية النظرية من العناصر الموجودة في جدول رقم ٥ . هذه الحسابات لا تأخذ في الاعتبار وجود أى شوائب في المواد المستخدمة فالمفروض أن كل المواد المستخدمة نقية تماما . وعلى هذا فمن اللازم معرفة نسبة الشوائب في كل مادة لعمل التصحيحات المناسبة في الأوزان المطلوبة (جدول رقم ٦) . فعمل مبيد المثال . إذا كانت نسبة النقاوة بنترات الكالسيوم المستخدمة ٩٠٪ فقط . فمن الضروري ضرب وزن المادة النقية من نترات الكالسيوم للمعطاة في جدول رقم (٦) (١٠٠٣ جرام) في $\frac{100}{90}$ لتعطى وزن المادة الغير نقية من نترات الكالسيوم المطلوبة ، فتكون ٩٠ .

$$1114 = \frac{100}{90} \times 1003 \text{ جرام}$$

جدول رقم (٦) : أوزان المواد النقية المطلوب إذا ثبتا
في ١٠٠٠ لتر من الماء لتعطى التركيزات المطلوبة

المادة	الرمز	الوزن بالجرام
فوسفات بوتاسيوم ثنائي الهيدروجين	KH_2PO_4	٢٦٣
نترات بوتاسيوم	KNO_3	٥٨٣
نترات كالسيوم	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	١٠٠٣
كبريتات مغنسيوم	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	٥١٣
حديد غلى	$[\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{Coo})_2]_2\text{-FeNa}$	٧٩
كبريتات منجنيز	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	٦٠١
حمض بوريك	H_3BO_3	١٠٧
كبريتات نحاس	$\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	٣٩
مولبيدات أمونيوم	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	٣٧
كبريتات زنك	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	٤٤

وأوزان المواد النقية للمطاة في جدول رقم (٦) عند إذابتها في ١٠٠٠ لتر من الماء تعطى محلولاً له درجة توصيل كهربى حوالى ٣٠٠٠ ميكروموز (٣ ملليوموز أو ds/m أو $CF = ٣٠$) إذا كان الماء نقياً بدرجة معقولة . وبعبارة أخرى فإن CF للماء مبدئياً سوف يكون منخفضاً بدرجة معقولة وإضافة أوزان العناصر الغذائية للمطاة في جدول رقم (٦) سوف ترفع CF إلى ٢٠ — ٣٠ ومع نمو المحصول يسحب أو يمتص بعض هذه العناصر الغذائية من المحلول المغذى وعندما تنخفض الـ CF إلى ٢٠ ، يجب إضافة العناصر الغذائية لترفع الـ CF إلى ٣٠ تقريباً . وهذا يتطلب أوزاناً صغيرة من تلك المواد المطاة في جدول رقم ٦ ويمكن اعتبار أن ١ أوزان المواد للمطاة في جدول رقم ٦ مناسبة ٣

للاضافة لرفع الـ CF إلى ما يقرب من ٣٠ .

تجهيز المحلول الأصيل

افترضنا في الجزء الذى يهم بتركيز المحلول المغذى أن المواد التى تمد العناصر الغذائية توزن أولاً ثم تذاب في الماء الدائر في نظام الغشاء المغذى . وهذه طريقة ملائمة في حالة التحكم اليدوى في امداد النبات بالعناصر وقد يكون من الأفضل أحياناً استخدام محاليل أصلية سابقة التحضير — وليس إضافة الأملاح — للتحكم اليدوى أما في حالة التحكم الأوتوماتيكى فيكون استعمالها ضرورياً .

والمحلول الأصيل هو عبارة عن محلول غذائى مركز . ويضاف حجم صغير من المحلول الأصيل إلى الماء الدائر في نظام الغشاء المغذى لتوفير العناصر الغذائية . ولتحضير المحاليل الأصلية يجب تفهم الذوبان . فالمحلول المشبع يحتوى على أعلى كمية من المذاب التى تلوب في كمية من المذيب عند درجة الحرارة العادية . ويوضح جدول رقم ٧ ذوبان المواد المستخدمة في تحضير المحلول المغذى في الماء البارد . ويمكن إذابة ١٣ جرام فقط من نترات البوتاسيوم في ١٠٠ مليلتر من الماء البارد ، بينما يذوب ٢٦٦ جرام من نترات

الكالسيوم في ١٠٠ مليلتر من الماء البارد . وكقاعدة عامة يمكن القول إن ذوبان المواد الصلبة في الماء يزداد بزيادة درجة حرارة الماء .

جدول رقم (٧) : درجة الذوبان التقريبية لبعض المواد في الماء البارد : (جم/ ١٠٠ مليلتر)

المادة	الرمز	الذوبان
فوسفات البوتاسيوم ثنائي الهيدروجين	KH_2PO_4	٩٠
نترات البوتاسيوم	KNO_3	١٣
نترات الكالسيوم	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	٢٦٦
كبريتات المغنسيوم	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	٧١
كبريتات المنجنيز	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	٩٨
حمض البوريك	H_3BO_3	٦
كبريتات النحاس	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	٣١
مولبيدات الأمونيوم	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	٤٣
كبريتات الزنك	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	٩٦

ولتفهم تركيب المحلول الأصلي يجب تفهم الترسيب . والترسيب هو إزالة مادة من المحلول كنتيجة لتفاعل كيميائي بين مادتين مذابتين وتكون النتيجة تكوين مادة جديدة أقل ذوباناً ترسب على صورة صلبة . وفي المحلول المشبع يكون لحاصل ضرب تركيزات كاتيونات وأنيونات المادة الذائبة قيمة خاصة بهذه المادة . وهو ما يسمى بحاصل الإذابة . فعندما يزيد حاصل ضرب الأيونات (كاتيونات وأنيونات) عن حاصل الإذابة يتكون الراسب . وعلى ذلك فعندما تتفاعل مادتان ذائبتان في الماء ليكونا مادة ثالثة أقل ذوباناً ، لا يتكون راسب المادة الثالثة إذا كان حجم الماء كبيراً بدرجة كافية بالنسبة إلى ذوبان المادة الجليدة . وإذا كان حجم الماء غير كاف فإن الراسب سوف يتكون . ولهذا السبب من الضروري تجنب الترسيب عند تجهيز المحاليل الأصلية (وهي محاليل مركزة في حجم صغير من الماء) .

ولتحقيق ذلك يمكن تحضير محلول أصلي لكل مادة ، غير أنه نظرا للحاجة إلى ٩ مواد في المحلول المغذي لنظام الفشاء المغذي ، فإن هذا العدد الكبير من المحاليل الأصلية يكون مربكا . ومن الممكن خلط معظم المواد بدون ترسيب . وأكبر المواد كمية هي نترات الكالسيوم ويجب ملاحظة عدم خلطها مع كبريتات المغنسيوم في المحلول الأصلي لأنها تكون راسبا من كبريتات الكالسيوم ذات نسبة ذوبان منخفضة فتترسب .

ومن المفضل تجهيز محلول أصلي (أ) من نترات الكالسيوم لا يحتوي شيئا آخر ما عدا الحديد المخلوب (المقيد) EDTA-Fe أما المواد الأخرى الموجودة في جدول رقم ٨ فيمكن خلطها معا في محلول أصلي آخر (ب) . ويوضع الحديد المخلوب مع نترات الكالسيوم حتى لا يحدث تغير في اللون . فعندما يذاب الحديد المخلوب في الماء يكون لون المحلول المركز بني محمر . فإذا شمل المحلول الثاني الحديد المخلوب فإن كثافة اللون تقل تدريجيا ويحدث بعض الترسيب . بينما لا يوجد تغير في اللون عندما يكون الحديد المخلوب موجودا في المحلول الأصلي لنترات الكالسيوم . وعند إضافة كبريتات النحاس إلى المحلول الأصلي الثاني فمن المفضل إذابة كبريتات النحاس منفصلة في قليل من الماء ثم يضاف المحلول إلى المحلول الأصلي ، أو تذاب كبريتات النحاس أولا في المحلول الأصلي قبل إضافة أو إذابة أى من المواد الأخرى . وذلك حتى لا يتكون راسب من بلورات كبريتات النحاس ويصبح ذوبانها أكثر صعوبة .

تجهيز المحلولين الأصليين

بالاعتبار أن حجم الماء المناسب للاستعمال هو ٤٥ لتر لكل من المحلولين الأصليين (أ ، ب) وذلك لسهولة الحصول على الأوعية البلاستيكية غير المتلفة للمضوء بهذا الحجم . ويوضح جدول رقم ٨ أنه يلزم كمية كبيرة من نترات البوتاسيوم . ويتضح من جدول رقم ٧ أن درجة ذوبان هذا الملح — نترات البوتاسيوم — منخفضة (١٣ جرام في ١٠٠ مليلتر من الماء البارد) . وعلى ذلك يتحدد تجهيز المحلول المركز الأصلي المخلوطة بذوبان نترات

البوتاسيوم . وعند تحضير ٤٥ لتر من المحلول الأصلي يذاب $45 \times 130 = 5850$ جرام من نترات البوتاسيوم . ومن جدول رقم ٦ يتضح أن ٥٨٣ جرام من نترات البوتاسيوم تلزم لحجم من الماء الدائر في نظام الغشاء الغلى قدره ١٠٠٠ لتر . وعلى ذلك $\frac{5850}{1000} = 5.85$ هو أعلى تركيز من نترات البوتاسيوم

الذى يمكن تحضيره في المحلول الأصلي . ولذلك تضرب الأوزان في جدول رقم ٦ في ١٠ فنحصل على الأوزان الموضحة في جدول رقم ٨ . وهذه هي أوزان المواد التي سوف تذاب في ٤٥ لتر ماء لتحضير كل من المحلولين الأصليين .

جدول رقم (٨) : أوزان المواد النقية التي يمكن إدراجها في ٤٥ لتر من الماء لتحضير المحاليل الأصلية .

المادة	الرمز	الوزن
نترات الكالسيوم	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	١٠٠٣٠
الحديد الخلب	$\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{COO})_2\text{Fe-Na}$	٧٩٠
فوسفات البوتاسيوم ثنائي الهيدروجين	KH_2PO_4	٢٦٣٠
نترات البوتاسيوم	KNO_3	٥٨٣٠
كبريتات المغنسيوم	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	٥١٣٠
كبريتات المنجنيز	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	٦٦
حمض البوريك	H_3BO_3	١٧
كبريتات نحاس	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	٣٠٩
مولبيدات الأمونيوم	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	٣٠٧
كبريتات زنك	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	٤٠٤

في هذه الحسابات لم يؤخذ في الاعتبار الشوائب التي قد تكون موجودة في المواد ، فقد افترض أن المواد المستخدمة نقية : ولذا يجب أن يؤخذ في الاعتبار

نسبة الشوائب الموجودة في المواد المستخلصة وإعدادة ضبط الحسابات والأوزان
الموضحة في جدول رقم ٨ .

ومن المحاليل الأصلية سالفة الذكر يؤخذ $\frac{1}{4}$ لتر من المحلول الأصلي (أ)

و $\frac{1}{4}$ لتر من المحلول الأصلي (ب) إلى كل ١٠٠٠ لتر من الماء الدائر في

نظام الغشاء المغذى . وإذا كانت كمية الماء الدائر أقل أو أكثر من ١٠٠٠ لتر
تحسب يزيد أو ينقص حجم المحلول الأصلي الذي يضاف . وللماء الدائر في
نظام الغشاء المغذى درجة توصيل كهربائي حتى قبل أن يضاف إليه المحلول
الأصلي . ويختلف التوصيل الكهربائي للماء حسب مصدر هذا الماء ، فالماء
الملحي ذو توصيل كهربائي مرتفع . فإذا كان التوصيل الكهربائي للماء على
سبيل المثال ٠,٥ دس/م (٥٠٠ ميكرومومن أو ٠,٥ مليموز/سم) أو
معامل توصيله (CF) = ٥ فإن الكمية المضافة من المحلول الأصلي أ ، ب
($\frac{1}{4}$ لتر) لكل ١٠٠٠ لتر من الماء الدائر سوف تزيد من التوصيل وسوف

يكون الـ CF بين ٢٠ ، ٣٠ .

وعند عمل المحلول البادئ في الخزان الجامع Catchment tank أو الخندق
الجامع Catchment trench في نظام الغشاء المغذى فمن المهم أن تكون إضافة
المواد الكيميائية إلى الماء في الترتيب الصحيح حتى لا يحدث ترسيب .

صور النتروجين المستخدم في المحلول المغذى

عند بداية إنشاء وتطوير طريقة الغشاء المغذى ماتت نباتات الطماطم
الصغيرة خلال أسابيع قليلة من وضعها في قنوات نظام الغشاء المغذى .
وبالفحص تبين أن سيقان النباتات قد حدث لها ضرر من المحلول المغذى عند
سطح السائل (في المنطقة التي فوق سطح السائل) . إذ ماتت الأنسجة
الخارجية للساق عند هذه النقطة وأصبح لوننا يينا . وقد لوحظ أن هذه

الظاهرة تصاحب استعمال النيتروجين في صورة أمونيوم (NH_4) في المحلول .
بينما لم يحدث أى ضرر عندما كان النيتروجين كله في صورة نترات (NO_3) .
كما إتضح أن نباتات الطماطم الكثيرة مقاومة لهذا الضرر الناتج عن استخدام
النيتروجين الأمونيومى ولو أن نمو الجذور قد تأثر . وفى حالة وجود نسبة قليلة
من النيتروجين الأمونيومى (٢٠٪ من النيتروجين الكلى) لوحظ ذبول نباتات
الطماطم الصغيرة خلال الجزء الحار من الأيام المشمسة . ولذلك فنوصى بأن
يكون جميع النيتروجين المستخدم في نظام الغشاء المغذى في صورة نترات
(NO_3) وألا يستخدم النيتروجين الأمونيومى .

ويقتضى إجراء بعض الدراسات عن استخدام النيتروجين الأمونيومى في
نظام الغشاء المغذى — إذ من المحتمل أن تقاوم نباتات الطماطم النيتروجين
الأمونيومى ولكن النسبة الملائمة التى لا تسبب ضررا غير معروفة . كما أنه من
المحتمل أيضا أن تكون المحاصيل الأخرى أكثر مقاومة للنيتروجين الأمونيومى
من الطماطم .

لذا فيجب إجراء مزيد من الدراسات لإيجاد النسب المأمونة من النيتروجين
الأمونيومى في الكمية الكلية المضافة من النيتروجين التى لا تقلل المحصول
والتي قد تفيد في خفض مقدار الحامض إللازم لضبط رقم الـ PH عند ٦
خصوصا في المناطق التى يستخدم فيها ماء يحتوى على تركيز مرتفع من
الكالسيوم . أما في المناطق التى يستخدم فيها ماء حامضى فلا ينصح باستخدام
الأمونيوم لأنه يساعد على زيادة الحموضة .

وقد أوضحت دراسات تكوين المحاليل المغذية باستخدام نيتروجين
أمونيومى أنه لا ضرر منه في المناطق التى يحتوى مائها كمية عالية من
الكالسيوم الذائب . وبمعنى آخر فإن إضافة الكالسيوم أو استخدام نترات
الكالسيوم غير مرغوب فيه .

وفى حالة عدم استخدام نترات الكالسيوم بسبب وجود كمية كافية من
الكالسيوم في الماء المحلى المستخدم فإن الحسابات المستخدمة والتي أشرنا إليها

لتركيب المحاليل الغذائية يمكن تعديلها باستخدام نترات الأمونيوم (NH_4NO_3) بدلا من نترات الكالسيوم لتوفير النيتروجين اللازم بالإضافة للموجود في نترات البوتاسيوم. ومن الحسابات يتضح أن ٢٦٣ جرام من فوسفات البوتاسيوم و ٥٨٣ جرام من نترات البوتاسيوم قد أذيت في ١٠٠٠ لتر من الماء لإيجاد محلول غذائي يحتوى ٦٠ جزء في المليون فوسفور و ٣٠٠ جزء في المليون بوتاسيوم و ٨١ جزء في المليون نيتروجين. ويوضح جدول رقم ٥ أنه يلزم ٢٠٠ جزء في المليون نيتروجين أى أنه يجب إضافة ١١٩ جزء في المليون نيتروجين يمكن توفيرها من نترات الأمونيوم كما يتضح من الحسابات التالية :

١ — المطلوب ١١٩ جزء في المليون نيتروجين .

$$٢ — \text{الوزن الجزيئى لنترات الأمونيوم } \text{NH}_4\text{NO}_3 = ١٤ + (١ \times ٤) + ١٤ = ٨٠ = (١٦ \times ٣) + ١٤$$

٣ — لإيجاد ١ جزء في المليون نيتروجين يذاب $\frac{٨٠}{٢٨}$ جرام من نترات الأمونيوم في ١٠٠٠ لتر من المحلول المغذى .

$$٤ — لإيجاد ١١٩ جزء في المليون نيتروجين يذاب $\frac{٨٠}{٢٨} \times ١١٩ = ٣٤٠$$$

جرام من نترات الأمونيوم في ١٠٠٠ لتر من المحلول المغذى .

فعندما يحتوى الماء المحلى على كمية كافية من الكالسيوم المذاب فإن النيتروجين الإضافى يمكن توفيره بوزن أصغر من نترات الأمونيوم (٣٤٠ جرام) بدلا من ١٠٠٣ جرام من نترات الكالسيوم كما ستخفض كمية الحامض اللازم إضافتها للتحكم فى PH المحلول . أما إذا لم يوجد كالسيوم ذائب فى الماء المستخدم فيمكن توفير النيتروجين فى المحلول بإذابة ١٠٠٣ جرام من نترات الكالسيوم وفى الحالات الوسيطة بين الحالتين السابقتين فيمكن استخدام جزء من نترات الأمونيوم وجزء من نترات الكالسيوم وتحدد الأوزان النسبية بينهما من كمية الكالسيوم فى الماء المستخدم .

النسبة بين البوتاسيوم والنتروجين في المحلول المغذى

عند تسميد الطماطم النامية في التربة تكون النسبة بين البوتاسيوم والنتروجين (K : N) أهمية كبيرة ويقتضى ضبط هذه النسبة في تسميد المحصول خلال موسم النمو . ويعتقد أن كل من كمية المحصول وجودة الثمار يتأثر بهذه النسبة . وذلك لأنه من المعروف أنه إذا كانت هذه النسبة زائدة الانخفاض تقل جودة الثمار وإذا كانت زائدة الارتفاع يقل المحصول . ولهذا السبب فقد أخذ في الاعتبار أثر نسبة البوتاسيوم إلى النتروجين في المحلول المغذى منذ استخدام نظام الزراعة بأسلوب الغشاء المغذى . وقد أتضح أن ظاهرة تحمل المحاصيل المزروعة بهذا النظام لمدى واسع من العناصر المغذية تمتد أيضاً إلى نسبة البوتاسيوم إلى النتروجين في المحلول . إذ لوحظ أن تأثير نسب من البوتاسيوم إلى النتروجين من ٢٦ : ١ إلى ١ : ١ قليل على كل من جوده ومحصول الطماطم مادامت الكمية الحقيقية من كل من البوتاسيوم والنتروجين ليست صغيرة بحيث تسبب قفراً أو كبيرة فتسبب تسمماً .

وقد أتضح أيضاً أن محاصيل الطماطم النامية بنظام الغشاء المغذى تحصل على النسبة الملائمة لها من البوتاسيوم إلى النتروجين بصرف النظر عن نسبة البوتاسيوم إلى النتروجين في المحلول المغذى الدائر Recirculating Solution . كما أن هذه النسبة تتغير بتغير مراحل نمو النبات . ففي دراسة على محصول الطماطم النامي بنظام الغشاء المغذى في المختبر وضعت فيها نباتات الطماطم في قنوات الغشاء المغذى بعد أيام قليلة من الإنبات في شهر نوفمبر . وكانت نسبة البوتاسيوم إلى النتروجين المستنفذ (بالامتصاص) من المحلول على فترات أسبوعية لمدة ٦ شهور موضحة في جدول رقم ٩ . ومن هذا الجدول يتضح أنه خلال الشهرين الأولين (ديسمبر ويناير) كانت نسبة البوتاسيوم إلى النتروجين المتبقى حوالي ١ : ١ . وخلال الشهر الثالث (فبراير) كانت النسبة ١,٥ : ١ . وخلال الشهر الرابع (مارس) كانت النسبة تقريباً ٢ : ١ . ويبدأ الحصاد في نهاية شهر مارس في الأسبوع السابع عشر — ومن هذا

جدول رقم (٩) : نسبة البوتاسيوم إلى النيتروجين المزالة بمحصول
الطماطم من المخلول الدائر في نظام المشاء المغذى

الأسبوع	البوتاسيوم : النيتروجين
٩ - ١٠	١ : ١,١
١٠	١ : ١,٥
١١	١ : ١,٤
١٢	١ : ١,٦
١٣	١ : ١,٦
١٤	١ : ٢,٠
١٥	١ : ٢,٤
١٦	١ : ٢,٤
١٧	١ : ٢,٤ بدأ جمع المحصول
١٨	١ : ٢,٢
١٩	١ : ١,٩
٢٠	١ : ٢,١
٢١	١ : ١,٩
٢٢	١ : ١,٩
٢٣	١ : ١,٩

الوقت إلى نهاية الموسم كانت النسبة حوالي ٢ : ١ . هذا يؤكد أن احتياجات
النباتات الصغيرة الورقية من البوتاسيوم والنيتروجين تكون بنسبة ١ : ١ .
وعندما يبدأ تكون الثمار تزداد النسبة وتصل إلى ٢ : ١ قبيل بداية الحصاد ثم
٢

تثبت هذه النسبة عند ٢ : ١ . ومع ذلك نظرا لتحمل محاصيل نظام المشاء
المغذى لمدى واسع من العناصر المغذية ، فلا حاجة لضبط نسبة البوتاسيوم إلى
النيتروجين في المخلول المغذى شرط أن تتوفر كمية كافية من البوتاسيوم لمقابلة

الاحتياجات العالية منه . كما لوحظ أيضا في الدراسة السابقة أن نسبة البوتاسيوم إلى النيتروجين المنخفضة بمحتصول الطماطم تتغير بالرغم من تثبيت نسبة البوتاسيوم إلى النيتروجين في المحلول الدائر عند ١ : ١,٥ تقريبا . وكان الحصول الناتج جيدا جدا والثمار ذات جودة عالية .

حدود نقص وسيمه العناصر بالمحلول المغذى

لا توجد معلومات كافية عن حدود تركيزات العناصر الغذائية التي يحدث عندها أعراض نقص أو سمية هذه العناصر عند تنمية النباتات بطريقة الغشاء المغذى . ويبدو أن مدى التحمل الكبير لهذه النباتات لإمداد العناصر في نظام الغشاء المغذى يرجع إلى تقنيات الطريقة نفسها باستمرار تدفق المحلول المغذى على الجذور وعدم وجود بيئة صلبة تنمو بها الجذور . والظاهر أن حدود نقص أو سمية العناصر المعروفة من الأعراض التي تظهر على النباتات النامية في بيئة صلبة أو في مزرعة مائية (بدون تدفق مستمر للمحلول المغذى مارا بالجذور) لا تلائم ما يحدث في الزراعة بنظام الغشاء المغذى . وتوجد بعض البيانات عن تركيز كل من النيتروجين والبوتاسيوم الذي يتضح عنده فقر نباتات العشبيات في نظام الغشاء المغذى . وقد أوضحت دراسات معهد بحوث زراعة العشبيات في إنجلترا أن تركيزا منخفضا من النيتروجين يصل إلى ٠,١ جزء في المليون في المحلول المتدفق على الجذور كان كافيا لنمو عادي وتركيز مناسب للنيتروجين في أوراق الراى Rye grass . كما تبين أيضا أن أقل من ١٠ جزء في المليون من النيتروجين قد أعطى نموا كبيرا من نباتات مشعة من الطماطم ولكن التركيز الأقل من ذلك (١٠٠ جزء في المليون) الذي يبدأ عنده انخفاض النمو غير معروف . وقد أوضحت دراسات في جامعة أستراليا الغربية أن ١٤ صنفا من أصناف الأعشاب قد ظهر عليها أعراض نقص البوتاسيوم عندما كان تركيزه بالمحلول المغذى ٠,٤ جزء في المليون . ومع ذلك جيققت ثمانية أصناف منها أعلى نمو عند تركيز ٩ جزء في المليون من البوتاسيوم وتحقق أعلى محصول عند تركيز ٣,٧ جزء في المليون في الستة أصناف الباقية .

وتوضح هذه النتائج أن تركيزات النيتروجين والبوتاسيوم التي تعاني عندها النباتات النامية بنظام الغشاء المغذى النقص في هذين العنصرين شديدة الانخفاض حتى يمكن اعتبارها ذات أهمية أكاديمية فقط .

فعمليا يعانى النبات في نظام الغشاء المغذى من نقص النيتروجين أو البوتاسيوم إذا لم يكونا موجودين أصلا في المحلول المغذى . وفي حدود التركيزات التي تستخدم عادة في نظام الزراعة بالغشاء المغذى فإن النيتروجين والبوتاسيوم يكونان متاحين بوفرة .

والمعلومات المتاحة عن التركيزات الزائدة السامة للعناصر الغذائية في الزراعة بنظام الغشاء المغذى قليلة أيضا . ولقد نشر في جريسي بايسلندا أن تركيز الزنك في المحلول المغذى حتى ١٦ جزء في المليون لم يسبب أى مشكلة . وبسبب النقص في معلوماتنا عن التركيزات التي تسبب النقص أو التسبب لمعظم العناصر الغذائية تقريبا فإن الحاجة ماسة لإجراء البحوث لتحديد هذه الحدود في الزراعة بأسلوب الغشاء المغذى .

تحمل محاصيل تقنيات الغشاء المغذى لتركيزات العنصر في المحلول المغذى

أوضحت تجارب زراعة المحاصيل بتقنيات الغشاء المغذى أنه في غياب البيعة الصلبة فهو الجنور وفي وجود المحلول المغذى الدائر المستمر خلال حصيرة الجنور أن مدى تحمل هذه المحاصيل لتركيزات العنصر كبير . فعلى سبيل المثال كان تأثير المدى الواسع لتركيز النيتروجين بين ١٠ ، ٣٢٠ جزء في المليون في المحلول الدائر قليل جدا على النمو والمحصول أو حتى الكمية المتصلة منه في نباتات الطماطم . وكان مدى التحمل لإمداد الفوسفور أكبر من ٥ إلى ٢٠٠ جزء في المليون في المحلول الدائر ، وللبوتاسيوم كان بين ٢٠ ، ٣٧٥ جزء في المليون . هذه الظاهرة لدى التحمل الواسع لإمداد العنصر لمحاويل الغشاء المغذى هي التي جعلت استخدام قياس سريع وبسيط للتوصيل الكهربائي للمحلول الدائر كوسيلة للتحكم في إمداد العنصر ممكنا ومع ذلك لا يوصى باستخدام تركيز منخفض جدا من النيتروجين في المحاليل المغذية في تقنيات

الغشاء المغذى . فالأفضل استخدام تركيز أعلى ولتقل مثلاً ٣٠٠ جزء في المليون حتى يتوفر احتياطي كبير من النيتروجين فلا يحدث نقص فيه نتيجة امتصاصه بواسطة النبات .

وأوضحت التجارب أيضاً أن هناك مدى واسعاً لتحمل النبات لتركيزات البوتاسيوم في المحلول المغذى . وكذا يبدو أنه من الضروري أن يوجد مدى واسع من العناصر الأخرى . وانتشار طريقة قياس التوصيل الكهربائي للتحكم في تركيز العنصر ونجاحها بدون أى تحليل كيميائى يشير أيضاً إلى مدى واسع من التحمل . وهذا لا يلغى الحاجة إلى التحليل الكيميائى . فالتحليل الكيميائى ذو أهمية لتأكيد التقديرات خاصة في السنة الأولى لممارسة الزراعة بتقنيات الغشاء المغذى حيث تكون الخبرة غير كافية .

وللدلالة على المدى الواسع لتحمل النباتات لتركيزات العنصر ، يشير كوبر Cooper إلى أن المحلول المغذى الموضح بمجدول رقم (٥) والذي استخدمه في بداية ممارسته لطريقة الغشاء المغذى لا يزال يستخدم بنجاح لعدد كبير من المحاصيل في بلدان متعددة . والدليل على ذلك هو أن كوبر Cooper قد استخدم هذه التركيبة من المحلول المغذى لإثراء عدد كبير من أصناف النباتات معاً في صوبة زجاجية واحدة بمحلول دائر واحد لمدة ثلاث سنوات . كما أن قنوات الغشاء المغذى التى تنمو فيها النباتات كانت تطرد محاليلها مباشرة في خزان جامع يضغط منه المحلول إلى فتحات دخول القنوات . وكان قياس ال PH والتوصيل الكهربائى CF للمحلول يتم مرة واحدة في اليوم ويضاف الحامض والكميولويات يدويا إلى الخزان كما سبق الإشارة في قياس ال PH والتوصيل CF . وخلال هذه السنوات الثلاث لم يتم تحليل كيميائى . ويفرغ الخزان ويعاد ملؤه بمحلول جديد على فترات غير منتظمة (عدة أشهر) وحسب الظروف وكانت النباتات جميعها جيدة النمو ولم يظهر عليها أعراض نقص أو تسمم غذائى . وأصناف النباتات النامية اختلفت من محاصيل ورقية سريعة النمو مثل الأعشاب Grass والخس Lettuce إلى محاصيل بطيئة النمو مثل الشجيرات

الحشيشة Woody Shrubs والأشجار . وفي نهاية التجربة كان عمر بعض الأشجار ٣ سنوات وطولها ٢,٥ قدم .

ولم توضح التجارب بصفة قاطعة أى استثناء مؤكد لإمكان استخدام محلول غذائى واحد لمعظم المحاصيل فى معظم مراحل النمو ومعظم أوقات السنة ومعظم الأماكن وفى معظم البلدان . ولو أنه من المتوقع وجود بعض الاستثناءات لهذه الظاهرة العامة غير أن ذلك قد يهود لوجود شوائب فى الماء المستخدم ، كما يبدو أنه بالنسبة للنباتات التى لا تتحمل نقص الماء أو الظروف الجوية التى تؤدى إلى نقص الماء داخل النبات يكون خفض التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى أهم من التغير فى تركيب المحلول . هذا ... وتوجد تحضيرات تجارية جاهزة من أملاح المحاليل المغذية خاصة بتقنية الغشاء المغذى تعطى نموا مرضيا لمعظم الأصناف ولمعظم مراحل النمو ولكثير من البلدان . وهذه التحضيرات التجارية الجاهزة تتميز بأنها توفر العمل وتسهله . كما يمكن التحكم فى نوعية الخليط وتجنب أخطاء الوزن . ولكن هذه التحضيرات الجاهزة غالية الثمن بالنسبة لشراء الكيماويات المختلفة وخلطها فى المزرعة .

الباب الثالث

نظام الغشاء المغذى

- الوصف العام
- مكونات نظام الغشاء المغذى
- مقارنة التدفق من خزان علوى بالضغط المباشر
- ترشيح الماء
- تفريغ نظام الغشاء المغذى
- دوران المحلول المغذى
- سمى المواد المستعملة
- قنوات الغشاء المغذى
- تثبيت النباتات الصغيرة فى القنوات
- استعمال حصيرة شعرية فى القنوات
- استهلاك النباتات من الماء فى نظام الغشاء المغذى
- تقنية الغشاء المغذى كطريقة للرى
- نر الجلورى وتثبيت النتروجين

نظام الغشاء المغذى

الوصف العام

إنتاج المحاصيل بأسلوب الغشاء المغذى والمعروف باسم Nutrient Film Technique (اختصارا NFT) طريقة لتنمية النباتات بحيث يكون مجموعها الجذرى فى تيار ضحل من الماء أذيب فيه جميع العناصر الغذائية اللازمة ، فلا توجد بيئة صلبة ينمو فيها المجموع الجذرى . وفى هذا النظام ينمو المجموع الجذرى — الذى يكوّن ما يشبه الحصىرة — ويتشرب بحيث يكون جزء منه مغمورا فى تيار ضحل من المحلول المغذى الذى يعاد دورانه والجزء الآخر من المجموع الجذرى يعلو سطح المحلول حيث يكون تيار الماء ضحل جدا . ويكون الجزء العلوى من حصىرة الجذور الذى ينمو فوق الماء مبتلا غير أنه يكون فى نفس الوقت فى الهواء . ويلتصق بسطوح الجذور التى فى الهواء غشاء رقيق من المحلول المغذى ومن ثم كان اسم هذا النظام « تقنيات الغشاء المغذى » .

ومن الضرورى الاحتفاظ بهذا الغشاء فى نظام الغشاء المغذى حيث أنه يضمن ميزة هامة جدا . ففى نظام الزراعة المعتادة إذا زاد الماء (فى نظام الرى أو بعد سقوط الأمطار) يصبح الهواء غير كاف عند سطوح الجذور وعندما تجف التربة يتخللها الهواء فيكون الأوكسجين متوفرا وينقص الماء وعلى ذلك ففى الزراعة المعتادة سواء باستخدام الرى أو بالاعتماد على الأمطار يتغير الاتزان بين الماء والأوكسجين عند سطوح الجذور بصفة مستمرة ويكون أحدهما عادة عاملا محددا . أما فى نظام الغشاء المغذى NFT فالهواء والماء متوفران بصفة دائمة عند سطوح الجذور . أما إذا غمر المجموع الجذرى كله فى الماء تصبح هذه الظروف مشابهة للظروف التى يتواجد فيها الجذير فى التربة الغنية المشبعة

بالماء والمصدر الوحيد للأوكسجين في هذه الحالة هو ما يكون ذائبا في الماء الدوار^(١) .

والشروط الأساسية في نظام الغشاء المغدى هي :

١ — التأكد من أن الانحدار الذى يؤدى إلى تدفق الماء في قنوات النظام إلى أسفل متجانس ولا يتأثر بتمرجات موضعية حتى لو كانت بضعة ملليمترات .

٢ — يجب ألا يكون معدل التدفق عند فتحة دخول المحلول سريعا حتى لا يزداد عمق المحلول في نهاية القناة .

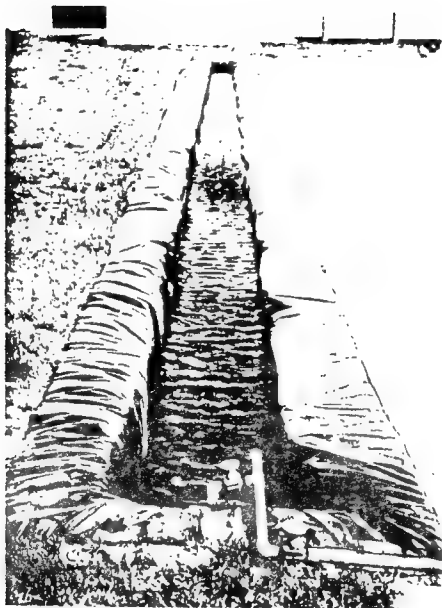
٣ — يجب أن يكون عرض القنوات التى ستتمو فيها الجذور مناسبة حتى نتجنب إعاقة الماء بحصيرة الجذور وقد لوحظ تناسب وزن النباتات مع عرض القناة .

٤ — يجب أن تكون قاعدة قنوات النظام مستوية وغير متمرجة ، حتى نضمن وجود عمق ثابت متجانس من المحلول على طول كل قناة . فالانحدار المتجانس ذو أهمية كبيرة ويجب ملاحظة عدم وضع القنوات على التربة الناعمة المضغوطة لأنها لا تسمى قاعدة ثابتة لقنوات النظام إذا كانت معرضة للأمطار أو تكثيف الرطوبة أو الندى إذ يسبب ذلك عدم استقرار الأرض . ولذا فالأرض المرصوفة بالحرسانة أو شرائح الصلب أو الألومنيوم تكون أكثر ملاءمة .

(١) يقصد بالماء الدوار أن الماء يعمد في قنوات النور إلى خزوي تجميع ثم إلى القنوات مرة أخرى كما سيأتى ذكر ذلك بالتفصيل .

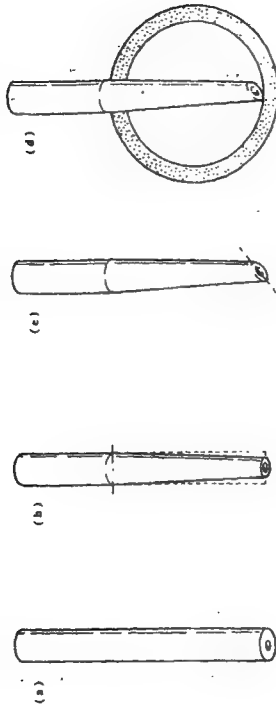
مكونات نظام الغشاء المغذى

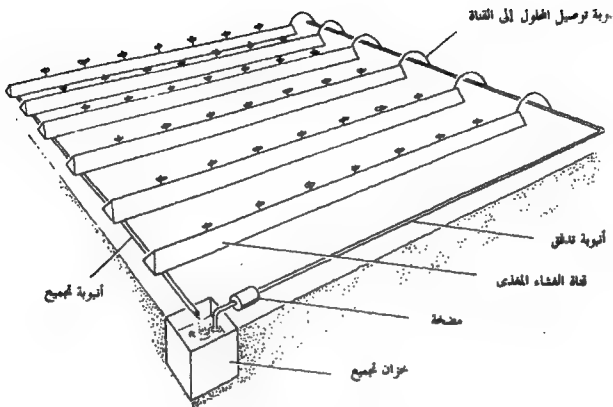
إذا فرضنا أن مساحة الأرض التي نود استزراعها ذات شكل مستطيل ذي انحدار في الاتجاهين الطولي والعرضي . فهذا يعنى أن هذا المستطيل يكون له ركن أكثر انخفاضاً من أركانه الثلاثة الأخرى . وتوضع مضخة المحلول الدوار Circulating Pump في هذا الركن المنخفض . ويحفر خندق جامع (شكل رقم ٤) على طول أكثر الجوانب انخفاضاً من المستطيل . وتثر التربة الناتجة من الحفر على الجانب الأعلى (الجانب المقابل) من المستطيل ويجب أن يكون سطح الأرض أملساً ناعماً منبسطاً ويمكن استخدام تربة الحفر في تحقيق ذلك . ويطن الخندق حتى يكون غير منفذ للماء باستخدام غشاء من البوليثين المعامل بالبولي استر إذا كان من المتوقع استخدام محلول ساخن . ويوصل الماء إلى الخندق مع التحكم فيه بواسطة عوامة وصمام ، ويغطي الخندق بغطاء يمنع الضوء ويقلل البخر . وتوضع قنوات نظام الغشاء المغذى من النوع الشائع الذى سوف نصفه فيما بعد مع ميل سطح الأرض بحيث تصب مباشرة في الخندق . وتوصل المضخة بواسطة أنابيب مصنوعة من البوليثين لتدفع الماء من الخندق إلى الأطراف العليا من القنوات . ويصب الماء في كل قناة بواسطة أنبوبة بلاستيكية ذات فتحة صغيرة تأخذ من الأنبوبة القادمة من المضخة . هذه الأنابيب البلاستيكية تكون عادة معدة كما يتضح من شكل رقم ٥ بحيث أن طرف الأنبوبة الملسوب هو الذى يثبت في أنبوبة الإمداد ، (ويمكن استخدام « برايه أقلام » لأعداد هذا الطرف الملسوب) . ويتدفق الماء في القنوات بالجاذبية كتيار ضعيف قليل العمق متجهاً إلى الجانب المنخفض حيث يصب مباشرة في الخندق . وإذا كان من المرغوب فيه استخدام خزان صغير بدلاً من الخندق المجمع فيجب أن يوضع هذا الخزان عند الركن المنخفض من الأرض المستطيلة ، وفي هذه الحالة تصب قنوات الغشاء المغذى في أنبوبة مجمعة وهذه تصب بالتالى في الخزان الصغير (شكل رقم ٦) .



شكل رقم (٤) — خندق تجميع الماء المنصرف من قنوات
نظام الغشاء الملحي

شكل رقم (٥) - كيفية اعداد أنبوبة البوليمر التي توصل لثاء من أنبوبة الاعداد إلى داخل القفلة





شكل رقم (٦) - نظام غشاء مغذى يستخدم أنبوبة تجميع

ومن الضروري ادخال أنبوبة رجوع في أنبوبة الإمداد قرب مضخة الدوران حتى يمكن لجزء من الماء الذى ضخ بواسطة المضخة في أنبوبة الإمداد أن يرجع مباشرة إلى الخندق المجمع دون أن يفرق قنوات الغشاء المغذى ، ويجب تركيب صمام على أنبوبة الإرجاع هذه للتحكم في معدل إرجاع الماء ولهذا الأنبوبة عدة فوائد :

١ - لما كان من الضروري استخدام مضخة ذات قدرة تزيد عما هو مطلوب لإمداد قنوات الغشاء المغذى فالتصرف الزائد يتجه إلى أنبوبة الإرجاع ومنها إلى الخندق .

٢ - يمكن التحكم في الماء المتجه إلى القنوات بضبط صمام الارجاع وكلما زاد التصرف في الرجوع كلما قل التصرف المتجه إلى قنوات الغشاء المغذى .

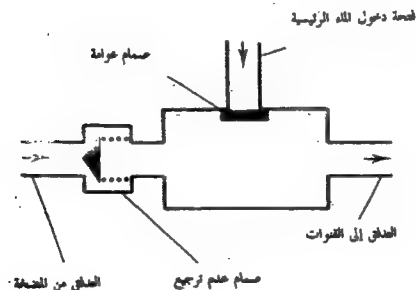
٣ - يوضع مخرج أنبوبة الإرجاع أعلى من مستوى الماء في الخندق حتى يختلط الماء في طريق سقوطه في الخندق بالهواء فيزداد محتواه من الأوكسجين .

٤ - يمكن إفراغ الخندق دون التدخل في دوران الماء مارا بجذور النبات في قنوات الغشاء المغذى ، بتوصيل خرطوم بنهاية أنبوبة الرجوع وبذا يتجه الماء الراجع من الخرطوم إلى خارج النظام كله وفي هذه الحالة يكفى بالماء للوجود في حفرة في الطرف المنخفض من المصرف لتدوير الماء رغم غلو الخندق نفسه من الماء .

مقارنة التدفق من خزان علوى بالضغط المباشر

اما أن يضخ المحلول المغذى من الخزان المجمع مباشرة إلى فئات دخول القنوات في نظام الغشاء المغذى عن طريق أنبوبة الإمداد ، أو أن يضخ المحلول المغذى من الخزان المجمع إلى خزان علوى في مستوى أعلى . ومن هذا الخزان العلوى يتدفق المحلول بالجاذبية الأرضية خلال أنبوبة الإمداد إلى مداخل القنوات . ونظام الخزان العلوى كما هو موضح في الشكل رقم ٧ يوجد به أنبوبة رجوع من الخزان العلوى مباشرة إلى الخزان المجمع فقد يكون دفع المضخة أكبر مما يسحب من الخزان العلوى خلال أنبوبة الإمداد : واستخدام هذا النظام وسيلة أمان ضد الخلل الذي قد يحدث في دوران المحلول . فكما يتضح من الشكل يجب أن تكون هناك أنبوبة إمداد للماء تحت ضغط من خزان آخر تدخل الخزان العلوى تحت مستوى سطح المحلول المغذى به . وفتحة هذه الأنبوبة تقفل بصمام عوامة وهي دائما مغمورة في المحلول .

وعندما يتوقف ضخ المحلول المغذى إلى الخزان العلوى مع انسياب المحلول خلال أنبوبة الإمداد ينخفض مستوى المحلول المغذى في الخزان وفى هذه الحالة يفتح صمام عوامة أنبوبة إمداد الماء المضغوط ويتدفق الماء إلى الخزان العلوى . ويتدفق هذا الماء بالجاذبية الأرضية إلى قنوات الغشاء المغذى ثم إلى الخزان الجمع وفى حالة وجود أنبوبة تدفق علوية مثبتة بالخزان الجمع تأخذ الماء الزائد منه لتوصله إلى خزان مجاور دائم فإن هذا الماء لا يفقد نتيجة زيادته وفيضائه . وتدفق الماء خلال أنبوبة الإمداد إلى قنوات نظام الغشاء المغذى يحافظ على استمرار نمو المحصول حتى يعود الضخ العادى للمحلول المغذى ويعاد تخزينه . ويجب أن يكون خزان الماء الذى يمد الخزان العلوى بالماء مرتفعا قليلا عن مستوى الخزان العلوى ومتصلا بأنبوبة مياه المدينة العادية . وهناك اعتراض على نظام الخزان العلوى وذلك بسبب زيادة تكاليفه والتعقيد فى الإنشاء .



شكل رقم (٨) - حجرة أمان فى نظام الضخ المباشر للمحلول المغذى .

ويمكن الحصول على الأمان السابق توضيحه في نظام الخزان العلوى بالسماح بتدفق ماء أنابيب المدينة في نظام الغشاء المغذى الذى يضح فيه المحلول مباشرة (بدون نظام الخزان العلوى) . ويمكن توضيح هذه الطريقة في شكل رقم ٨ . فتثبت حجرة صغيرة في أنبوبة إمداد المحلول المغذى بين المضخة والقناة الأولى في نظام الغشاء المغذى والتي في قمته فتحة لدخول الماء . وعندما يكون هناك دوران للمحلول المغذى فإن التدفق من المضخة يحفظ الحجرة مملوءة بالمحلول المغذى . ووجود المحلول المغذى في الحجرة يجعل الصمام في حالة تمنع دخول الماء من الفتحة العلوية . وعندما يتوقف دوران المحلول المغذى تفرغ الحجرة وينفتح الصمام ويتدفق الماء إلى الحجرة ثم إلى أنبوبة الإمداد في نظام الغشاء المغذى . ووجود صمام بين الحجرة وأنبوبة التدفق من المضخة يضمن أن الماء يتدفق فقط إلى قنوات الغشاء المغذى .

ترشيح الماء

إذا كان الماء في نظام الغشاء المغذى خاليا من حبيبات صلبة معلقة به وإذا كانت طريقة إمداد النباتات الصغيرة لا تؤدي إلى تكوين حبيبات صلبة معلقة في المحلول الدوار فليس من الضروري ترشيح هذا الماء . والاحتياط الوحيد الذى يجب أخذه في الاعتبار هو وضع فتحة الدخول لمضخة المحلول الدوار في المصرف المجمع بعيدا بقدر الامكان عن أى محلول راجع من قنوات نظام الغشاء المغذى إلى المصرف وأيضا يجب أن تكون هذه الفتحة قريبة من سطح المحلول في المصرف إذ يعمل المصرف في هذه الحالة كخزان ترميب . وبذا يؤخذ المحلول الدوار بواسطة المضخة من المحلول الراجع القريب من سطح الخزان . وعلى العموم فإذا كان هناك مشكلة مع الحبيبات الصلبة المعلقة في المحلول فيجب تثبيت مرشح على نهاية فتحة الأنبوبة التي يطرد منها المحلول الراجع ويفرغ في المصرف المجمع من خلال المرشح . وإذا كان نظام انشاء قنوات الغشاء المغذى بحيث تفرغ ماءها في المصرف المجمع مباشرة ، فمن

الضرورى تثبيت مرشح فى نهاية فتحة الطرد أو التفريغ لكل قناة مثل غشاء مسامى من النايلون .

وإذا كان هناك حاجة إلى مزيد من الترشيح فيمكن أن يثبت مرشح فى أنبوبة الإمداد بين مضخة الدوران وفتحة الدخول فى القناة الأولى من الغشاء المغذى بطريقة يمكن إزالته بسهولة وتنظيفه . وفى كثير من نظم الغشاء المغذى لا نحتاج إلى أى ترشيح . فوجود مصرف مجمع يستخدم كخزان ترسيب مع وجود مرشح للمحلول الراجع ومرشح دقيق فى أنبوبة الإمداد يصبح من المستحيل حدوث إنسداد فى أنبوبة الدخول لأى قناة تحت أى ظرف من الظروف .

وفى حالة وجود مواد صلبة معلقة فى تكوين المحلول فيمكن استخدام مناخل دقيقة أو الطرد المركزى مع ملاحظة ضرورة تنظيف للمناخل بين وقت وآخر فالمواد الصلبة التى تحتجز على المنخل تعوق بمرور الوقت تدفق المحلول خلال المنخل كما يلاحظ أيضا أن أجهزة الطرد المركزى قد تحتوى أجزاء متحركة تلتف بمدبومة الاستخدام لذا يجب استبدالها ويوجد نوع من هذه الأجهزة لا يحتوى أجزاء متحركة . ففى غرفة الفصل تتولد دوامة مائية وتزيد سرعة التدفق دخول الأجزاء المعلقة غرفة الفصل وينتج عن ذلك قوة طرد مركزى عالية على هذه الجزئيات فتنطرد نحو جدار غرفة الفصل الخارجية وتوجه فى شكل دوامة إلى حجرة التجميع بينما يتجه الماء بعد غلوه من المواد المعلقة نحو أنبوبة الإخراج . ومعاملة ماء الغشاء المغذى قبل استخدامه للتخلص من المواد الصلبة العالقة به يكون ضروريا فقط إذا كان هذا الماء شديد المكاراة .

تفريغ نظام الغشاء المغذى

تفريغ نظام الغشاء المغذى عملية سهلة تتم بتوصيل أنبوبة مطاطية بنهاية أنبوبة الترشيح المباشرة ، وبوضع النهاية المفتوحة لهذه الأنبوبة المطاطية فى المصرف يتم تفريغ النظام تلقائيا بدون التأثير على الماء المار بالمزجيجات فى

قنوات الغشاء المغذى . ولما كان جزء من الماء المتدفق من مضخة الدوران يعود عادة إلى الخزان الجامع أو المصرف المجمع عن طريق أنبوبة الرجيع ، فإن هذا الجزء يتخلص منه عن طريق الأنبوبة المطاطية التى وصلت بأنبوبة الرجيع مع ملاحظة قفل الصمام الذى يسمح بدخول الماء لتعويض النقص فى المحلول مؤقتا . وعندما يفرغ النظام تزال الأنبوبة المطاطية من أنبوبة الرجيع وفى نفس الوقت يفتح الصمام الذى يتحكم فى دخول الماء ليكمل الماء يتدفق إلى النظام حتى يملا مرة أخرى . ولتقليل تأثير التغير فى درجة حرارة الماء المتدفق خلال المجموع الجندرى للنبات يحسن تفريغ النظام فى آخر النهار ثم يملا مرة أخرى خلال الليل .

دوران المحلول المغذى

يؤدى توقف دوران المحلول فى نظام الغشاء المغذى بسبب ما إلى الإضرار بالنبات القائم . ولو أن بعض المحلول يكون محتجزا فى حصىرة الجذور . وعلى ذلك يمكن للنبات التحمل بعض الوقت حتى يتم إعادة النظام إلى حالته الطبيعية . والمدة التى يمكن للنبات أن يتحمل خلالها توقف دوران المحلول تتوقف على الوقت الذى يحدث هذا التوقف فيه خلال اليوم وفى أى فصل من فصول السنة ونوع المحصول ويتراوح هذا الوقت بين ساعة و ٤٨ ساعة .

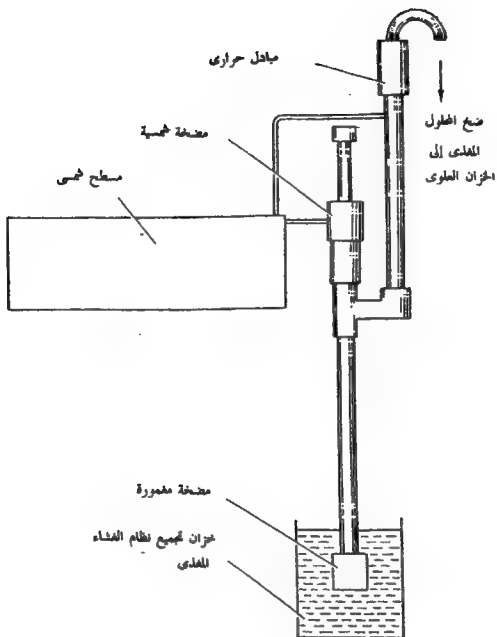
ويفضل وجود نظام يؤدى إلى حدوث إشارة صوتية وضوئية للتنبيه عند توقف دوران المحلول . وإذا لم يوجد هذا النظام فمن الضروري لإجراء مراقبة منتظمة خلال النهار للتأكد من أن الضخ المستمر . وأفضل مكان لوضع الجهاز الحساس الذى سوف يقوم بتشغيل جهاز التنبيه إما أن يكون هو أنبوبة الرجيع المباشر أو أنبوبة التدفق لقنوات الغشاء المغذى . فتدقق المحلول فى هذه الأنابيب سوف يتوقف فى الحال عندما يتوقف الضخ . ويستمر تدفق المحلول فى أنبوبة الصرف أو فى قنوات الغشاء المغذى بعد توقف الضخ بعض الوقت نتيجة الجاذبية . ويتوقف الضخ لأحد سببين ، أولهما ميكانيكى يرجع لمضخة

الدوران والثاني تعطل في امداد الطاقة . ومن الضروري وجود مضختين في النظام واحدة في الخدمة وأخرى احتياطية . ويتم تبادل الخدمة بين المضخة العاملة والمضخة الأخرى الاحتياطية على فترات يومية أو أسبوعية . ويضمن النظام تشغيل كلا المضختين فضلا عن أنه اختبار لكل منهما . فإذا حدث عطل في المضخة التي تعمل يمكن إحلالها بالمضخة الاحتياطية . كما يجب أن توجد هناك أيضا مضخة ثالثة يمكن إدخالها في النظام مكان المضخة التي يحدث لها تعطل حتى يتم إصلاح المضخة المعطلة . وفي حالة توقف عملية الدوران بسبب نقص في إمداد الطاقة الكهربائية فمن الضروري وجود مولد للكهرباء (دينامو) يعمل بالبتروول أو الديزل صالح للعمل الفوري بمجرد انقطاع التيار الكهربائي . بهذه الاحتياطات فإن عملية الدوران لا يمكن أبدا أن تتوقف .

وإذا حدثت مشكلة أدت إلى توقف دوران المحلول فيمكن انقاذ الموقف بفلق نهايات قنوات الغشاء المغذى فلا يتدفق الماء من فتحاتها النهائية وتغلق القنوات في هذه الحالة بالماء بواسطة خرطوم حتى العمق الذي تسمح به نهايات القنوات المغلقة . وإذا كان انحدار القنوات شديدا فيجب أن يضاف قليل من الماء في كل قناة — بالدور — لنحتفظ بالنباتات حية حتى يتم إرجاع دوران المحلول .

وإذا كانت العمالة رخيصة ومتوفرة يمكن إدارة نظام الغشاء المغذى بدون مضخات دوران أو طاقة كهربائية . فالمحلول المغذى يمكن دفعه بالطرق التقليدية من الخزان المجمع إلى الخزان العلوي Header tank ثم يتدفق المحلول من الخزان العلوي بتأثير الجاذبية إلى فتحات الدخول في قنوات الغشاء المغذى .

وفي المناطق الغنية بالإشعاع الشمسي قد يمكن استخدام مضخات تعمل بالطاقة الشمسية وتتكون من مضخة طرد مركزي متصلة بمحرك كهربائي يغذيه مسطح من السليكون يحول الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية . ولما كان تدفق المحلول من مضخات الطاقة الشمسية منخفضا — ١٥٠ لتر/ساعة مع رفع ٧٥ سم . فيمكن استخدام هذه المضخات فقط في حالة الطوارئ لحفظ



شكل رقم (٩) - رسم تخطيطى لمضخة تعمل بالطاقة الشمسية

المحصول لمدة قصيرة أو في حالة استخدام وحدات الغشاء المغذى في المنازل .
والشكل رقم ٩ يوضح رسم تخطيطى لمضخة تعمل بالطاقة الشمسية .
وبلاحظ في الشكل وجود :

- ١ - المسطح الشمسي Solar Panel .
- ٢ - مضخة شمسية Solar Pump .
- ٣ - مبادل حراري Heat Exchanger .
- ٤ - مضخة مغمورة في الخزان المجمع Submerged Pump .

وقامت شركة Mabosum بإنتاج مضخة شمسية ذات قدرة عالية إذ تستطيع ضخ ٤٠ ألف لتر/ساعة بإرتفاع ١٠ م أو ١٠ آلاف لتر/ساعة بإرتفاع ٤٠ م عندما تكون مساحة المسطح الشمسي ١٠٠ م^٢ ومكونات هذه المضخة هي كما هو موضح بالشكل رقم ٩ .

ويحتوي المسطح الشمسي Solar Panel على سائل يتحول إلى غاز يتعرض إلى الشمس فيزداد حجمه وضغطه ويدخل الغاز إلى المضخة الشمسية ويرفع مكبسها الذي يدفع المحلول المغذي من الخزان خلال المبادل الحراري حيث يبرد المحلول المغذي الغاز المستعمل في رفع المكبس ويتحول الغاز إلى سائل مرة أخرى فيعود إلى المسطح الشمسي ويعود المكبس إلى وضعه الأصلي في البداية مرة أخرى لبدء دورة جديدة وهكذا . وتبدأ المضخة عملها حالما يصل الغاز إلى ضغط حوالى ١٠ كيلو جرام على المتر المربع وتتوقف أوتوماتيكيا إذا انخفض الضغط عن ذلك .

سمية المواد المستعملة

من الضروري أن تكون المواد المستعملة في إنشاء نظام الغشاء المغذي غير سامة للنباتات . أو بمعنى آخر يجب ألا تكون ذات تأثير ضار للنباتات . وتتراوح درجة السمية للنباتات بين السمية الشديدة فتصوت النباتات بسرعة ، ومتوسطة تؤدي إلى انخفاض في معدل النمو مع مظهر غير عادي . وبين هذين الحدين هناك درجات متفاوتة من الشدة . مع ظهور أعراض مختلفة تشمل اصفرار الأوراق جميعها أو أجزاء منها أو موت الأوراق دون أن يموت النبات أو موت أجزاء من الأوراق أو تشوه شكل الأوراق أو سطحها أو لونها

وتكوين ثمار غير عادية . ولا ضرر للنباتات في حالة استعمال البوليثين Polythene فقط في مجموعات الغشاء المغذى . كما أنه لم يظهر أى تسمم عند استعمال البولى بروبيلين Polypropylene أو أغشية الـ ABS (الأكريلونيتريل بيوتادين ستايرين Acrylonitrile butadiene styrene) كما أنه استخدام أغشية الـ PVC الصلبة (البولى فينيل كلوريد Polyvinil chloride) لم ينتج عنها أى تسمم ولو أنه قد حدث التسمم في عدد من الحالات التى استخدم فيها غشاء PVC المرن Flexible ولذا ينصح بعدم استخدامه بسبب عدم معرفة مكوناته الأساسية . كما أنه لا يوجد اختبار لسمية مطاط البيوتاييل Butyle rubber . وينصح بعدم استخدام المعادن التى تعتبر مصدرا للعناصر النادرة حتى لا يتجمع فيها تركيزات تسبب تسمما للنباتات مثل النحاس . كما يجب ألا تستخدم الأنابيب المخلقة لأن الزنك يمكن أن يلذوبه ويسبب تسمما للنباتات . فمجموعة الغشاء المغذى تعتبر نظاما مغلقا ومع استمرار دوران الماء يتزايد تركيز المواد التى تستخلص وتدخل المحلول ويرتفع تركيزها فيه تدريجيا .

ويجب اختبار أى مادة تدخل في مجموعة الغشاء المغذى مهما كانت صغيرة مادام لا يعرف عنها أنها مأمونة قبل استخدامها . ويتم ذلك بملء عشرة أوعية من البوليثين بالمحلول المغذى (١ لتر لكل وعاء) . ويوضع مسطح من الورق المقوى أو الكرتون على كل وعاء . وفى مركز كل مسطح تعمل فتحة وعلى بعد ٥ سم منها تعمل فتحة أخرى . ثم توضع جذور نبات طماطم صغير فى الفتحة المركزية بحيث يكون الجذر مغمور فى المحلول المغذى . ثم يوضع خرطوم مطاط فى نهايته أنبوبة زجاجية شعرية طولها ٥ سم فى الفتحة الثانية تغمر فى المحلول الغذائى . ثم يوصل أطراف الأنابيب المطاطية بمضخة هوائية . ويمرر الهواء خلال المحلول فى كل وعاء . توضع أجزاء من المواد المراد اختبار سميتها فى خمسة أوعية فقط وتترك الأوعية الباقية بدون هذه المواد .

فإذا كان لا يوجد فرق ظاهر فى نمو البادرات فى الأوعية التى بها المواد المراد اختبارها والتى فى الأوعية بدون هذه المواد فيمكن الاستنتاج أنه لا يوجد تأثير ضار لهذه المواد خلال مدة الاختبار .

قنوات الغشاء المغذى

القنوات العادية (القياسية)

النقطة الأساسية في إنشاء مجموعة الغشاء المغذى هي توفير سطح منحدر متجانس ناعم بدون تعرجات . ومن ضمن الوسائل التي تحقق هذا السطح هو تغطية مساحة ذات ميل بواسطة خرسانة (خليط من الرمل والحجر والحصى والأسمنت) أو وضع شرائح من الخرسانة على طول صفوف النباتات . وعلى هذا السطح المستوى ، منتظم الانحدار يمكن وضع أى شكل من القنوات المسطحة مثل أى قناة رفيعة من مادة رخيصة مع تيار ضحل من الماء الدوار . كما يمكن استعمال قناة ذات قاعدة متماسكة توضع على أى مكان مائل تمت تسويته لأن قاعدة القناة الصلبة سوف تلغى أثر التعرجات التي قد توجد على المكان المختار .

وأول الشروط الواجب توفرها عند تصميم قناة الغشاء المغذى بصفة عامة هو أن يكون لها قاعدة ذات صلابة كافية حتى لا تتأثر بتعرجات سطح الأرض . كما يجب أن تظل هذه القاعدة صلبة فلا يحدث لها انحناء تدريجيا أو تشكّل حسب التعرجات الموجودة بالأرض . وهذا يعني أن العديد من مواد البلاستيك لا تصلح لصنع القاعدة . ذلك لأن تدفق الماء البارد سوف يؤدي حتما إلى أن القاعدة تأخذ شكل تعرجات الأرض . وعلى ذلك يجب استعمال المعادن مثل الصلب أو الألومنيوم . كما يجب أن تكون القاعدة مسطحة أو شبه مسطحة فأى انحناء في مقطع القاعدة العرضي يؤدي إلى زيادة عمق الماء على طول مركز قاعدة القناة . ووجود انحناء خفيف جدا في مقطع القاعدة العرضي قد يكون له فائدة فالسائل سوف يتدفق إلى أسفل بدون زيادة في عمقه وبالتالي يستبعد الحاجة لاستعمال مادة مسامية توضع على طول قاعدة القناة .

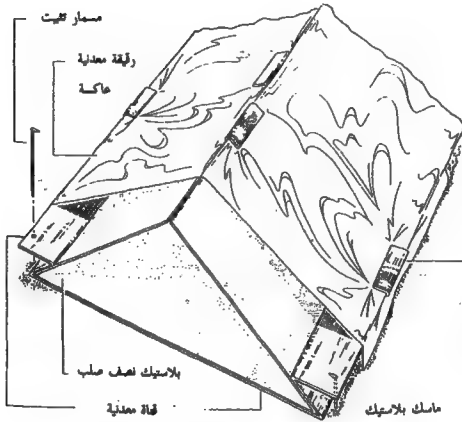
ويجب أن يكون عرض القاعدة كافيا حتى يلامم أغلب المحاصيل التي تنمو في خطوط بصرف النظر عن غزارة نمو الجنور حتى لا يعوق تدفق تيار الماء الدوار الضحل فيزداد عمق الماء في القناة .

وعند التعرض لأشعة الشمس الشديدة يجب أن لا تتلف المواد المعرضة لها وتتحل سريعاً وعلى سبيل المثال يتلف الكثير من المواد البلاستيكية عند تعرضها لأشعة الشمس نتيجة للأشعة فوق البنفسجية الموجودة في أشعة الشمس . كما يجب أن تتجنب ارتفاع درجة حرارة القنوات نتيجة لتعرضها لأشعة الشمس وألا يحدث أى بحر للماء . وتحت الظروف الباردة يجب أن يكون معدل فقد الحرارة من الماء الدوار في القناة منخفضاً . وألا تتعرض القنوات للرياح الشديدة حتى لا تتحرك القنوات من أماكنها . وفي النهاية يجب ألا تكون التكلفة الاقتصادية للقناة عالية بحيث يمكن استعمالها في الزراعة غير الكثيفة .

وشروط التصميم السابقة لإنشاء قناة الغشاء المغذى موضحة في شكل رقم ١٠ . فقاعدة القناة يمكن أن تصنع من شريحة رقيقة من الصلب على هيئة لفافة من شريحة مسطحة تبسط على الموقع باستخدام آلة لي بسيطة يعرض القناة (٢٣ سم) وتقطع حسب طول الخط المطلوب .

وللتأمين ضد الرياح تثبت القاعدة المعدنية في الأرض بمسامير معدنية ثم تفرد لفافة من البولي برويلين الأسود على طول القاعدة المعدنية . وتقطع حسب الطول المطلوب وتدفع داخل القاعدة المعدنية وشكل القاعدة المعدنية سوف يشكل البرويلين ليأخذ الشكل الموضح في شكل رقم ١٠ . وعرض شريحة البرويلين يجب أن تكون بحيث تتلامس حوافه عند وضعها في القاعدة المعدنية حتى تؤدي إلى تقليل فقد الماء بالبحر من القناة . والزوايا التي تعملها حافة المعدن مع القاعدة سوف تكون حوالي ٣٠° بحيث لا يزيد الارتفاع العمودي من قاع القناة إلى القمة عند نقطة تلامس حواف شريحة البرويلين عن ٧ سم . وزيادة الارتفاع العمودي لا يلامم النباتات القصيرة فارتفاع هذه النباتات بالنسبة للارتفاع العمودي في القناة لا يسمح بوصول أوراقها إلى

ضوء الشمس فوق قمة القناة عندما تكون جنورها في المثلول النوار . لم تفرد شريحة معدنية رفيعة على طول جانب واحد من القناة . ويجب أن تزيد هذه الشريحة حوالي ٢ سم عن الحافة العليا للبرويلين وتثبت فيها . كما تثبت الشريحة المعدنية أيضا في الحافة المعدنية للقاعدة مع شدّها جيدا ليتسرّ مرور الهواء في الفراغ بينها وبين البرويلين كما هو موضح بالشكل رقم ١٠ وتحمي الشريحة المعدنية البرويلين ضد الأشعة فوق البنفسجية كما أنها ستعكس أشعة الشمس بينما يعمل الفراغ الهوائي كعازل ضد التوصيل .



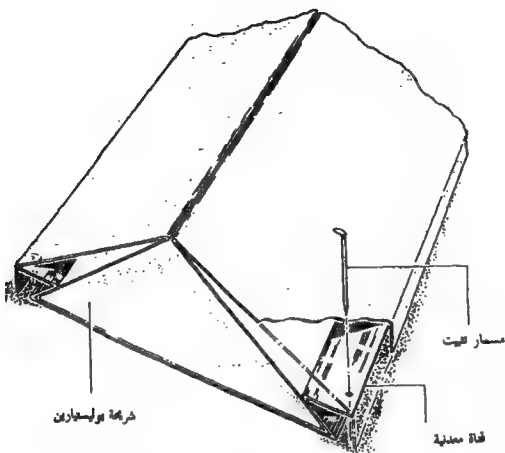
شكل رقم (١٠) - قناة نظام غشاء مغلى عادية

وعندما نستخدم القناة في جو ذي درجة حرارة منخفضة ويصبح من الضروري تقليل الفقد الحرارى من القناة ، يمكن وضع شريحة من البوليثن ذات سمك ٢,٥ سم تحت القاعدة المعدنية . على أن ذلك غير مرغوب فيه في حالة المناطق ذات الاشعاع المرتفع حيث يجب تقليل ارتفاع الحرارة داخل القناة إذ يكون من المرغوب فيه تحت بعض الظروف أن تفقد الحرارة بالتوصيل إلى الأرض خلال القاعدة المعدنية .

وقناة الغشاء المغذى التى سبق وصفها يمكن أن تعتبر النوع العادى (القياسى) إذ عند استخدامها على أى سطح متجانس ناعم ذي ميل ، وتحت ظروف الاشعاع الشمسى المرتفع فإنها تقلل ارتفاع الحرارة ، وفى حالة الهواء ذي الحرارة المنخفضة فإنها تقلل الفقد فى الحرارة . كما أنها تمنع أو تقلل فقد الماء بالبخار والصرف ولذلك فهى ملائمة للزراعة فى المناطق الجافة .

أما فى حالة المساحات ذات الاشعاع الزائد حيث يجب الحفاظ على المحلول باردا (أى حيث لا توجد حاجة للتدفئة) فيمكن استخدام تصميم مبسط موضح فى شكل رقم ١١ . فإذا حلت صحائف رقيقة من البوليستيارين المعدن (بلصق رقائق معدنية على السطح الخارجى للبوليستيارين خلال صناعته) محل صحائف البوليبروبيلين فإن ذلك قد يغنى عن استخدام صحائف البوليستر المعدن فى الحماية من الحرارة . ويوفر هذا التبسيط قناة ذات مكونين هما الشريط المعدنى وشريط البوليستيارين ويستغنى عن التعقيدات والعمالة اللازمين لتقطيع صحائف البوليستر المعدنى اللازمة لعكس الحرارة .

أما إذا كانت شدة الاشعاع زائدة فمن الممكن صناعة قناة ذات مكونين فقط هما الشريط المعدنى وشريط رقيق من البوليستيارين المتمدد إذا كان التصميم المستخدم كما هو موضح بشكل رقم ١١ . ويشكل الشريط المعدنى فى موقع القنوات بآلة لى كما سبق الوصف . وتوفر لفافة البوليستيارين سابق الاعداد على طول القاعدة المعدنية وتوضع على القاعدة بحيث تأخذ الشكل

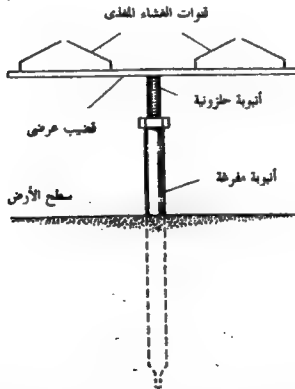


شكل رقم (١١) - قناة خشاء مغلفين عادية بها حماية ضد الحرارة

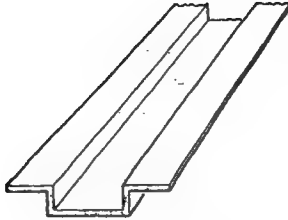
الموضح . ولو أن الجدار الخارجى للبولستيارين ذا لون أبيض إلا أنه لا يكون عاكسا جيدا كما هو الحال في السطح المعدني ، ولكنه لا يتعب عيون العاملين . ومع ذلك فإن فراغ الهواء الذى يوجد بين الجدارين الداخلى والخارجى من البولستيارين للقناة يقلل من توصيل الحرارة .

ويمكن وضع القاعدة المعدنية لقنوات الخشاء المغلفى مباشرة على الأرض بعد أن تسوى لتغطى الانحدار المطلوب . غير أن بعض الظروف قد تجعل من المرغوب فيه أن يوجد فراغ هوائى بين القاعدة المعدنية والأرض . فمثلا في المساحات ذات الإشعاع البالى حيث يمكن أن ترتفع درجة حرارة سطح الأرض إلى 56°C ، فإن الفراغ الهوائى بين القاعدة المعدنية والأرض يقلل

انتقال الحرارة بالتوصيل . فإذا كان المرغوب فيه رفع قنوات الغشاء المغذى فيمكن وضع القاعدة المعدنية على قضبان عرضية . وتعتمد القضبان العرضية نفسها على أنبوبة رأسية مثبتة في الأرض . والمسافة بين هذه القضبان العرضية تعتمد على قدرة القاعدة المعدنية على مقاومة الثنى . وتصميم تركيب الدعامات يمكن توضيحه في شكل رقم ١٢ ولتوازن النظام يجب أن يوجد قناتان على الأقل مرنكزتان على كل قضيب ، قناة على كل جانب من العמוד الرأسى ومن الممكن بالطبع وضع أكثر من قناتين ولكن للثبات يجب أن يكون هناك عدد متساوٍ من القنوات على الجانبين في الوضع المنودى . ويجب أن يكون القضيب العرضى مقاوماً للانحناء ولذا فعمقه يجب أن يكون أكبر من عرضه (شكل رقم ١٣) .



شكل رقم (١٢) - نظام تثبيت قنوات نظام الغشاء المغذى



شكل رقم (١٢) - قضيب عرضي لحمل القنوات

وعند إقامة الدعامات أو مساند القنوات تدفع أنبوبة (ماسورة) معدنية في الأرض . ويجب أن يكون طرف الأنبوبة مديبا ليسهل نفاذها في الأرض . ويثبت في منتصف القضيب العرضي أنبوبة لها قلاووظ خارجي وصامولة ملحقة على القلاووظ . فالجزء المقلوظ من الأنبوبة المثبتة في القضيب والنافذ من الصامولة يدخل في داخل الأنبوبة المدفونة في الأرض . ويمكن إدارة الصامولة إلى أسفل أو أعلى حتى يصبح القضيب على الارتفاع المطلوب عن الأرض . وإذا استخدم قضيب عرضي عريض يمكن أن يثبت عليه عدد أكبر من قنوات الغشاء المغذى وفي هذه الحالة يجب إضافة دعامات أخرى بنفس أنبوبة معدنية في الأرض عند طرف كل قضيب ويثبت فيها طرف القضيب بواسطة مشبك .

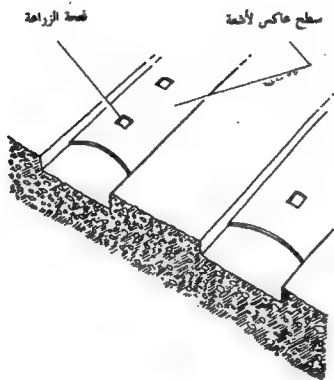
وفي حالة المحاصيل قصيرة الطول يمكن تصميم دعامات عرضية بحيث يمكن استخدام قنوات الغشاء المغذى فوق بعضها . وقد يكون هذا التمديد اقتصاديا عندما تكون الأرض غالية جدا ومغطاة بصوبة وكذا عندما تكون شدة الضوء كافية لتوفير إضاءة مناسبة للأدوار السفلى من المحصول . وقد استخدم هذا النظام في كاليفورنيا لإنتاج الشليك في البيوت الزراعية باستخدام القنوات المغذية .

قنوات السطح المجهز

في تصميم القناة العادية أضيفت قاعدة صلبة كجزء من التصميم . فإذا لم يمكن استعمال هذا النوع من القنوات فمن الضروري أن يجهز سطح الأرض بحيث يكون ناعما متجانسا ذا سطح منحدر يميل ثابت ولا ينصح باستخدام التربة المضغوطة لأنها سوف تتعرج عندما يتبل ويجب تغطية هذا السطح بطبقة من الرمل والحرسانة أو بالوواح من الحرسانة تستقر القناة عليها . غير أن التكلفة العالية تضطرنا للبحث عن طريقة أرخص لمعالجة سطح الأرض بحيث يكون ناعما مثالا خال من التمرجات . ولذا قام Power (أحد رواد استخدام الغشاء المغذى في بربادوس) بتغطية المكان المعد للقنوات بالرمل لعمق كاف لإعطاء إخمдар ثابت ثم نشر فوقه طبقة بسمك ١ سم من الرمل الخشن والأسمت بنسبة ٥ : ١ ثم ترطيب السطح وضغطه بمبطلدة (زحافة) وتركه ليثبت ، فحصل على الإخمдар ناعم ثابت ومن الضروري أيضا سد الشقوق التي قد تنشأ باليد دون تأخير .

وبفرض أن السطح المناسب قد تم تجهيزه لوضع قنوات الغشاء المغذى فوقه فإن تكاليف تجهيز سطح الأرض تكون عالية ولكن تكلفة قنوات الغشاء المغذى تكون منخفضة . أما في حالة استخدام القنوات العادية فإن تكاليف تجهيز الأراضي أرخص بينما تكاليف القنوات فعالية نسبيا .

وقد قام Ringemans (وهو رائد في زراعة الخس بالهتلرا) بعمل قنوات الغشاء المغذى في طبقة الحرسانة التي استخدمها في تغطية الموقع ، ففي كل ٢٣ سم توجد قناة ذات قاع مسطح في الحرسانة ذات عرض قدره ١٠ سم وعمق ٢,٥ سم . وتوضع في هذه القنوات مكعبات صغيرة من التربة المضغوطة لتثبيت نباتات الخس الصغيرة . وبعد فترة تنمو الجنور وتخرج من هذه المكعبات إلى داخل القناة التي يدور المحلول فيها وتعتمد النباتات على نفسها .

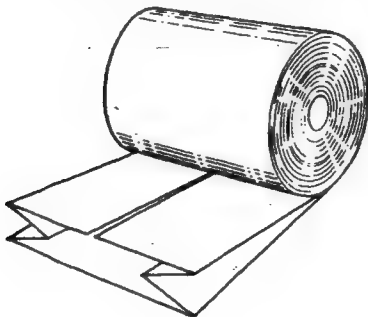


شكل رقم (١٤) - قناة في طبقة خرسانية مغطاة بسطح معدني عاكس

وبعضى الوقت تنتشر الأوراق على السطح وتكون غطاه على القناة فتمنع أى فقد من الماء بالبحر كما تقلل الإضاءة فتقتل الطحالب التى تكون قد نمت فى المحلول المغذى الدوار عند تعرضه للضوء . وهذا النظام يناسب المحاصيل التى تغطى أوراقيها القناة وكذا فى المواقع التى يكون فيها فقد الماء بالبحر مقبولا ، وحيث يكون تسخين المحلول الذى يتعرض لأشعة الشمس غير شديد . ومن الممكن استعمال مادة معدنية نصف صلبة تحنى المناء خفيفاً على السطح العلوى وتكون ذات عرض أكثر قليلا عن القنوات ومدها على طول القناة مع دفع حوافها إلى أسفل فى القناة وتكون مقوسة الشكل قليلا إلى أعلى لأن عرضها أكبر من عرض القناة (شكل رقم ١٤) . ويعكس السطح المعدنى فى المساحات ذات الاشعاع العالى أشعة الشمس كما أن فراغ الهواء سوف يعمل كعازل فى الأماكن الباردة التى يندفأ فيها المحلول كما يتوقف التبخير أيضا . وتثبت النباتات من خلال فتحات فى المادة التى سبق تجهيزها خلال التصنيع .

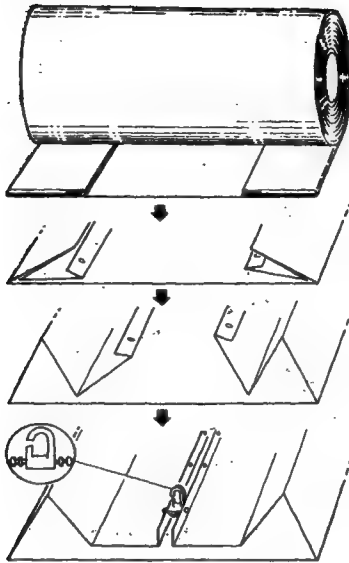
وفى أغلب المواقع ولأغلب المحاصيل يمكن وضع قنوات الغشاء المغذى على سطح الأرض المجهزة ويمكن أن تكون هذه القنوات بسيطة ذات طول قصير نسبيا من البوليثين الأسود بسمك ١٣، ملليمتر الذى يفرغ على طول الانحدار . ثم تثبت حواف البوليثين معا بين النباتات عند وضعها فى القناة . ومثل هذه القنوات البسيطة غير عملية فى المناطق ذات الطاقة الشمسية العالية حيث أن المحلول الدوار سوف يصبح ساخنا جدا . وكذا المحلول الذى فى داخل القناة أيضا حتى لو كان لون القناة من الخارج أبيض ومن الداخل أسود . واستخدام هذه القنوات البسيطة لا يصلح فى حالة المحاصيل التى تزرع فى الحقول المفتوحة فى المناطق الباردة إذ يجب تسخين المحلول بسبب المعدل العالى لفقد الحرارة . وفى كلا الحالتين فمن الضروري تقليل توصيل الحرارة عبر جذران القنوات ويمكن مد شرائح البوليستيرين فى داخل قناة البوليثين وقفلها بنفس الكليسات التى تمسك القناة .

وتحت ظروف الاشعاع الشمسى العالى فإن البوليين الخارجى الأسود يمكن إحلاله بالبوليستر المعدنى . فالسطح المعدنى سوف يعطى انعكاسا عاليا لأشعة الشمس ومن ثم تقليل الارتفاع فى الحرارة داخل القناة . كما أن البوليستر لا يتحلل أو يتلف فى الضوء الساطع بينما البوليين يتأثر ويتلف سريعا جدا بعد مدة من استعماله مما يجعله غير عملى فى المناطق ذات الاشعاع العالى .



شكل رقم (١٥) — قناة غشاء مغذى من البوليستر المعدنى مطوية

والقناة البسيطة التى سبق وصفها يمكن تحسينها خلال الصناعة . واستخدام أنواع مختلفة ذات طويات تتم خلال صنعها مثلما هو موضح فى شكل رقم ١٥ . وعندما تفرد تعطى قناة كالموضح فى شكل رقم ١٦ . هذا التصميم سوف يضيئ الارتفاع عند وضع مكعب الباردة أو الاصيص فى مكانه داخل القناة . والنقطة الهامة التى يجب أن تؤخذ فى الاعتبار هى أن تجهيز السطوح للاستخدام فى الحقول يجب أن يسمح بحماية القنوات التى توضع على السطح من الرياح . فاستخدام الخرسانة مثلا يجعل توفير حماية القنوات صعبا ما لم يكن هذا الموضوع قد أخذ فى الاعتبار مسبقا .



شكل رقم (١٦) - فتاة ذات طويات بارئفاعات رأسية مختلفة عدد فردها

وثمة عيب آخر عند تغطية سطح التربة بمساحة كبيرة من الخرسانة في المناطق شديدة الاشعاع إذ يمكن أن تصبح حارة جدا وتعمل كمخزن للحرارة التي ترفع درجة حرارة المحلول في قنوات الغشاء المغذى المقامة على الخرسانة . وفي أماكن أخرى من العالم حيث تكون الشمس أقل قوة وتسقطها متقطعا قد

يكون تخزين الطاقة الشمسية ميزة . وبالتوفيق بين استعمال قنوات الغشاء المغذى العادية بقاعدتها المعدنية واستعمال قنوات لينة Flimsy على سطح الأرض بالجهاز يمكن استعمال قناة لينة Flimsy على قاعدة بوليستيارين ممتدة . فسطح الأرض يمهّد بحيث يكون لها انحدار متدرج ناعم ويوضع غشاء بوليستيارين طوله ٢ متر وعرضه ٢٥ سم فوق مكان صفوف النباتات . ولنهايات هذه الشرائح « عاشق وممشوق » بحيث يتداخل الطرفان عند نهاياتهما . ولكل شريحة أيضا إنحناء بسيط على المقطع العرضي ويضمن ذلك أنه عند وضع أو مد القنوات اللينة Flimsy فإن السائل الدوار سوف يتدفق في مركز القناة بدون زيادة عمق السائل وبالتالي يستبعد الحاجة لاستعمال حصى شجرية Capillary matting . وتثبت القنوات اللينة Flimsy وقاعدة البوليستيارين الممدد بالأرض بواسطة وضع قوس ماسك معدني فوق كل منهما على مسافات .

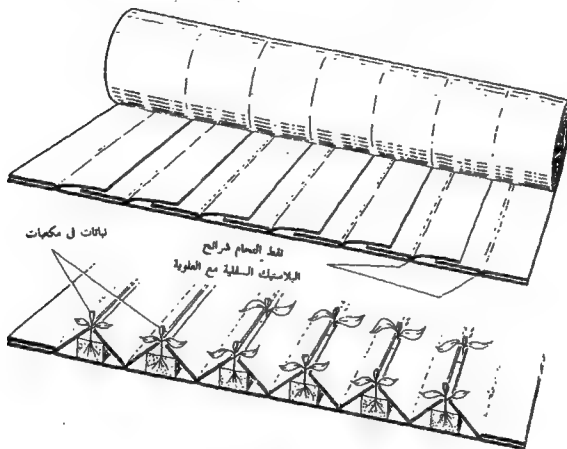
القنوات المتعددة

قناة الغشاء المغذى العادية التي سبق وصفها عبارة عن خط قناة مفرد . وتستخدم هذه القناة في حالة الحاصل التي تزرع على مسافات متقاربة . وفي حالة الضرورة يمكن أن تلامس القنوات بعضها . والبديل بالنسبة للحاصلات متقاربة المسافة هو نظام القنوات المتعددة الذي يخفف التكلفة كما في شكل رقم ١٧ . يتكون هذا النظام من شريحة (قاعدة) بلاستيكية مسطحة عليها شرائح من البلاستيك مثبتة (ملحومة) على طول خطوط مركزها . وعرض شرائح البلاستيك أكبر من المسافة بين الخطوط المركزية ولكنها أقل من ضعف المسافة بين هذه الخطوط وهذا سوف يؤدي إلى ثلاث نتائج :

١ — أن القنوات المتعددة المصنعة ستكون مسطحة ويمكن لفها بسهولة ونقلها من المصنع إلى المزرعة . .

٢ — عندما توضع النباتات ترفع جوانب القنوات نتيجة لوجود النباتات وتحتضن سيقان النباتات .

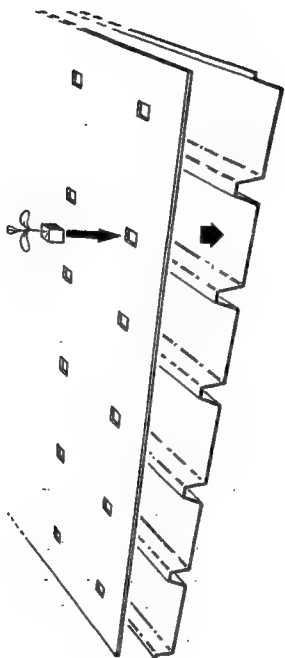
٣ - لا يوجد روابط عرضية في القنوات تعطل ميكنة عمليات الحصول



شكل رقم (١٧) - قنوات متعددة مرنة يمكن طيها

ويعمل هذا النظام كمسطح لاستقبال الطاقة الشمسية وهو ما يعطيه مميزات في بعض الأجزاء من العالم مثل إنجلترا ولكنه لا يصلح في المناطق ذات اشعاع شمس عال ولكن يمكن استخدامها في هذه المناطق لو كان السطح العلوي لشرائح البلاستيك عاكسا لأشعة الشمس ، أو مكون من رغوة بلاستيكية لزيادة العزل ضد نقل الحرارة بالتوصيل . كما يوجد نظام قنوات متعدد مختلف تماما يمكن تنفيذه إذا استخدمت مواد صلبة كما هو موضح في شكل رقم ١٨ ويتكون من شريحة صلبة مكونة من قنوات متوازية ذات قاع

شكل رقم (١٨) - قنرات معددة صلبة لاجبة



مسطح مشابهة لشريحة متعرجة من الأسبستوس . ذات غطاء يوضع على قمة الشريحة المتعرجة . ولهذا الغطاء فتحات في صفوف تلام خطوط القنوات مسطحة القاع . وتوضع المكعبات التي تثبت النباتات الصغيرة في فتحات الغطاء . ومرة أخرى فإنه في المناطق ذات الإشعاع العالي فإن الغطاء العلوى يجب أن يكون عاكسا للأشعة وعازلا للحرارة .

وأحد عيوب استخدام هذه القنوات الصلبة هو صعوبة نقلها وتداولها . بينما استخدام مواد مرنة لهما وبذا يمكن نقل أطوال كبيرة منها . وأيضا عند عمل وصلات من القطاعات الصغيرة الصلبة لتكوين قناة طويلة فإن كل وصلة تمثل احتمال فقد الماء الدوار منها ما لم تطن ببطيئة من غشاء البوليثين .

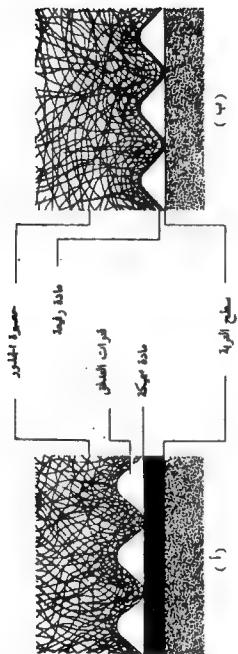
ويمكن استخدام القنوات المتعددة الصلبة بنجاح عندما يكون طول الخط هو طول اللوح المستخدم — أى خط قصير . والخطوط القصيرة ذات فائدة في الأجواء الحارة عندما يكون من الضروري وقف ارتفاع درجة حرارة المحلول . والتكلفة الرأسمالية للخطوط القصيرة عالية عن الخطوط الطويلة لأنها تستلزم أنابيب إمداد طويلة بالنسبة لمساحة محصول معين .

معدل التدفق وميل القناة

عند استخدام نظام الغشاء المغذى في انتاج الحاصلات يجب التأكد أن عمق المحلول الدوار لا يزيد عن عدة ملليمترات قليلة حيث يكون معظم حصيرة الجذور النامية في قناة الغشاء المغذى فوق سطح السائل . ويتوقف عمق السائل في القناة بالنسبة لمحصول معين على المادة المستخدمة في صنع القناة وميل القناة ومعدل تدفق المحلول في القناة . ويجب أخذ هذه العوامل الثلاثة في الاعتبار لإيجاد تيار ضحل من المحلول الدوار في القناة .

١ — المادة المستخدمة في عمل القنوات

العامل الأساسي هو سمك المادة المصنوعة منها القناة فإذا كان السمك على سبيل المثال ٢.٥ ملليمتر (تحدث الحالة الموضحة بشكل رقم ١٩) ،



شكل رقم (١٩) - التصاق وعلم التصاق البلاستيك بقاعدة حصى الجلود

فالجذور الفردية التي تكون حصيرة الجذور ذات مقطع دائري وتكون قاعدة هذه الحصيرة « مبرومة » Convoluted وتتراكم الجذور على السطح الناعم للبولىين متوسط الصلابة وتؤدي التواءات قاعدة الحصيرة المبرومة إلى وجود قنوات مفتوحة يتدفق خلالها تيار ضحل من المحلول وعلى ذلك فإن معظم المحلول سوف يتدفق تحت حصيرة الجذور . غير أنه لو كان البولىين المستعمل في عمل قنوات الغشاء المغذي رقيقا جدا فإنه يلتصق بقاع حصيرة الجذور بسبب التوتر السطحي . وبذلك لا تتكون قنوات التدفق كما هو موضح في شكل ١٩ ب) . فتدفق المحلول في هذه الحالة سوف يكون خلال حصيرة الجذور بسبب عدم قدرته على التدفق تحتها . وينتج عن ذلك أن حصيرة الجذور تزيد تعطل التدفق ويزداد بالتالي عمق السائل في القناة . ولذا يجب ألا يقل سمك غشاء البولىين عن ١٣ , ملليمتر أو يكون البولىين بطانة لبعض المواد الأخرى الأكثر سمكا .

ب — ميل القناة

الحد الأدنى للميل هو حوالي ١٪ . وقد قارن Spensely تأثير درجات ميل ١ في ١٠٠ ، ١ في ١٠٠ ، ١ في ١٠٠ ، ١ في ٢٥ على إنتاج الطماطم بنظام الغشاء المغذي وحصل على أوزان المحصول الآتية بالكيلو جرام لكل متر مربع وهي : ٢٧,٠ ، ٢٩,٥ ، ٢٩,٩ ، ٢٩,٥ . ويتضح من ذلك أن الصرف السريع السهل هو الأفضل وعلى ذلك فالميل الأشد هو الأفضل . والحقيقة أنه لا يوجد حد أعلى للميل .

يمكن انتاج المحاصيل في قنوات عمودية كما سيأتي توضيح ذلك . وتحت الظروف العادية فإن الاعتبارات العملية قد توجد حدا أعلى (مثل قدرة الآلات) .

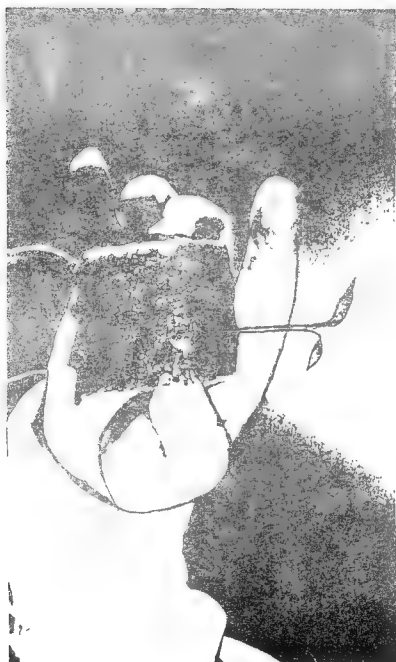
حـ - معدل تدفق المحلول إلى القناة

في حالة محصول معين ينمو في قنوات مصنوعة من مادة سمينة وذات ميل معين يكون معدل التدفق الداخل الأسرع هو الأفضل مع الأخذ في الاعتبار أن عمق السائل المتدفق يجب ألا يزيد عن ٢٠ سم من القنوات. فمعدل التدفق المناسب الداخل إلى القناة يكون حوالي ٢ لتر في الدقيقة بحيث يكون المحلول الخارج من فتحة الخروج إلى خزان التجميع عبارة عن تيار مستمر . بينما يتحول إلى قطرات متقطعة إذا كان معدل تدفق المحلول الداخل منخفضا .

وكوسيلة عملية لتحديد معدل التدفق المناسب يلاحظ المحلول الخارج من كل قناة فإذا كان تيارا مستمرا يتحول إلى قطرات منفصلة إذا خفض معدل التدفق قليلا اعتبر هذا المعدل ملائما .

تثبيت النباتات الصغيرة في القنوات

تواجه مستخدمي القنوات العادية مشكلة عند وضع شتلات النباتات القصيرة وذلك لأن وضعها بحيث تكون الأوراق الأولى في الضوء يؤدي إلى أن جنورها لا تصل إلى المحلول المغذي في قاع القناة وإذا وضعنا الجنور في الماء لا تصل الأوراق إلى الضوء لقصر النبات . ويمكن التغلب على هذه المشكلة بغرس البذرة أو وضع الشتلة الصغيرة في مكعبات من مادة امتصاصية ذات حجم يسمح للنبات الصغير في هذا المكعب بأن يكون في الضوء فوق القناة بينما مكعب الامتصاص نفسه يوصل الماء إلى الجنور (شكل رقم ٢٠) .



شكل رقم (٢٠) — بادرة طباطم في مكعب من مادة اصطناعية

وينمو النبات تصل جذوره إلى القاع (قاع القناة) وتكون حصيرة تنمو في الماء المتدفق . وعلى ذلك فالمكعب ذو قائدة فقط عندما يكون النبات صغيرا .

واستخدام مكعبات الامتصاص يعارض المبدأ الأصلى لتقنيات الغشاء المغذى الذى يعتمد على تنمية النباتات دون أى بيئة صلبة فهو الجذور ولهذا السبب يجب أن يكون حجم هذا المكعب صغيرا بقدر الإمكان . ولأزنا فى حاجة إلى دراسة أفضل المواد التى تصنع منها مكعبات النمو ، والنجم والشكل المناسبين لهذا الغرض ولا نستطيع أن نصف شيئا من ذلك (نوع المادة أو حجمها أو شكلها) بأنه نموذجى . وليس من الضروري أن يكون الشكل المثالى للمادة التثبيث هو المكعب . فقد يكون شكل السجارة السميكة أفضل إقتصاديا وتسمح بإنبات أسرع ومثل هذا الشكل يكون أقل ثباتا عن المكعب ولكن السطح العلوى للقناة العادية يمسك بها بقوة توفر لها الثبات . ويزداد ثبات النبات كلما زاد نمو حصيرة الجذور . ويجب أن تسمح المادة المصنوع منها هذه المثبتات بنقل البادرات بسهولة وأن تكون لينة مسامية سهلة التشكيل وذات مرونة تضمن تثبيت النبات . ويجب أن لا تكون سميتها المائية كبيرة حتى لا توجد ظروف غدقة حول الجذور وفى نفس الوقت تكون قادرة على امتصاص كمية كافية من الماء حتى يتكون نمو جيد للجذور . كما يجب ألا يكون سطحها العلوى زائدا الابتلال لأنه فى حالة بعض أنواع النباتات التى لها شعيرات على الساق يمكن أن يتحرك المحلول الغذائى مسافة قصيرة إلى أعلى الساق فى النباتات الصغيرة وتضر مراكز النمو . ويجب أن تكون المادة خاملة من الناحية الغذائية (أى لا تحتوى عناصر مغذية للنبات) وخالية من الأمراض والكائنات الحية . ومن المواد التى تتصف بهذه الصفات هى ٥ مسم^٣ من الصوف الصخرى . والصوف الصخرى يتكون من صخر البازلت المصهور والمعالمل بحيث يصبح ليفيا مساميا لينا . ويمكن استخدام مكعبات ذات طول ٥ سم منه . كما يمكن استخدام حبيبات الطين التى تحرق بطريقة تؤدى إلى تمددها واحتوائها على فراغات هوائية . فعند ملء أصص صغيرة قطرها ٥ سم وجوانبها وقاعها شبكية بحبيبات الطين المتعدد حول النبات الصغير فإن النبات يصبح ثابتا .

والمادة جيفى Jiffy 77 هو الاسم التجارى لاسطوانة من البيت Peat الجفيف وضغط حتى أصبح مشابها لبسكوته . وعند وضعها فى الماء يتفخ البيت ويكون اسطوانة قطرها ٥ سم وعمقها ٤ سم . ويمكن حفظ البيت Peat فى شكله الاسطوانى بشبكة بلاستيكية . ويكفل جيفى 77 (Jiffy 7) للنباتات الصغيرة ثباتا جيدا . ويمكن أيضا أصص صغيرة مملوءة بمخلوط من الطمي والبيت والرمل بنسبة (٧ : ٣ : ٢) وتفرس فيها البادرات . ومن المهم أن تسمح المادة التى صنعت منها الأصص بسهولة بتخلل الجذور من جوانبها عند نموها : أما استخدام أصص بلاستيكية غير منفذة وذات فتحة فى قاعها فقط فإنها تضر النبات . وتصنع الأصص المناسبة من الورق أو من مادة البيت المضغوطة .

جدول رقم ١٠ : تأثير البيئة المحيطة لبيت بادرات الطماطم فى قوات الغشاء المغذى على محصول نبات الطماطم فى الشهور الأولى

البيئة	المحصول بالكيلو جرام
أص من الورق قطره ١١ سم مملوء بمخلوط من الطمي والبيت والرمل جيفى 77	٢,٤٦٦
حيبيات طين متمدد فى أص قطره ٥ سم	٢,٣٢٤
مكب صوف صغرى (٥ سم)	٢,٢٦٧
جلور عارية للبادرات	٢,١٥٤
	٢,٠٤١

وقد قام Cooper بدراسة مقارنة لعدد من طرق التثبيت على بادرات الطماطم باستخدام نظام الغشاء المغذى ويوضح جدول رقم ١٠ النتائج التى حصل عليها ومنها يتضح أن أحسن طريقة هى الأصص من الورق المملوء بالطمي والبيت والرمل المخلوط وطريقة جيفى 77 Jiffy 77 وحيبيات الطين المحرز . وانخفض المحصول عن ٢,٢ كيلو جرام لكل نبات باستخدام

مكميات الصوف الصخرى أو بوضع الجنزور العارية للبادرات مباشرة في قنوات الغشاء المغذى . حيث أن جنزور البادات العارية تكون طويلة بدرجة تكفى لجعل الأوراق في الضوء . وقد أمكن الحصول على نتائج مشابهة في محصول الخيار كما هو موضح في جدول رقم ١١ .

جدول رقم ١١ : تأثير البيئة المحيطة لطيت بادرات الخيار في قنوات الغشاء المغذى على عدد ثمرات الخيار لكل نبات في فترة الحصاد الأولى (٥٨ يوم)

عدد الثمار لكل النبات	البيئة
٢٥	أص من الورق قطره ١١ سم مملوء بمخلوط من الطمي والبيت والرمل
٢٤	أص مكعب (٤ سم) من البيت مملوء بمخلوط من الطمي والبيت والرمل
٢٣	حييات طين ممتددة في إس قطره ٥ سم
٢٢	جيفي ٧
١٩	جنزور عارية للبادرات
١٥	مكعب صوف صخرى (٥ سم)

استعمال حصىرة شعرية في القنوات

عندما توضع قناة الغشاء المغذى على السطح المجهز لها أو عندما توضع قناة الغشاء المغذى العادية ذات القاعدة الصلبة في موقعها ، يكون من الصعب التأكد من عدم وجود انخفاض طفيف بعرض القناة . وتجنب الانخفاض العرضي للقناة يتم عندما تظل فقاعة ميزان الماء في وسطه عندما يوضع هذا الميزان عموديا على عرض القناة . فإذا لم تكن فقاعة ميزان الماء في وسط الميزان عندما يتدفق المحلول المغذى الدوار في القناة ، تدفق المحلول في جانب واحد من القناة تاركا معظم عرض القناة جافا مما يؤدي إلى ذبول النباتات بسبب نقص

الماء . وحتى إذا كان الماء يتدفق قرب مركز قاعدة القناة فإنه يصبح تيارا ضعيفا بسبب التوتر السطحي بين السائل والبلاستيك سوف يؤدي هنا إلى نقص الماء لبعض النباتات مما يؤدي إلى موتها .

وبمجرد نمو الجنور عبر عرض القناة فإنها تعمل كسلود صغيرة تكون كافية لنشر المحلول الدوار عبر عرض القناة . وحتى يحدث ذلك فإنه يمكن استعمال بعض المواد لنشر المحلول . وأهم طريقة تستعمل هي فرد مادة امتصاصية رقيقة مثل لغة ورق تواليت على طول القناة وتغطية قاعدتها . ومن الضروري أن تكون المادة المستعملة غير سامة أولا تأثير ضار على نمو النبات . كما يمكن وضع حاجز عرضي من بعض الألياف يعمل كسد صغير جدا . والمادة المستخدمة تستعمل فقط لعدة أسابيع . وعندما تنمو الجنور عبر القناة فلا تكون هناك حاجة لهذه المواد . ومن المهم أن هذه المواد لا تكون كتلة جيلاتينية تغطي الجنور أو تكون مادة غذائية للميكروبات المرضية . كما يجب ألا تطرد مع الماء وتسد الأنابيب أو المرشحات .

ولا داعي لتغطية كل قاعدة قنوات الغشاء المغذي بالحصيرة المسامية فشرط ضيق من الحصيرة بعرض أقل من ٥ سم يوضع عبر عرض القناة عند موقع كل نبات هو المطلوب ، إلا أن وضع هذه الشروط بهذه الطريقة مكلف بالنسبة للعمالة ومن الأسرع فرد شرط مستمر على طول القناة وهذا يقلل من تكاليف العمالة .

استهلاك النباتات من الماء في نظام الغشاء المغذي

المعلومات المتاحة عن استهلاك الحاصلات النامية في نظام الغشاء المغذي للماء قليلة . وقد تم قياس مقدار استهلاك الماء بمحصول الطماطم المزروع في نوفمبر بنظام الغشاء المغذي تحت صوبة في جنوب إنجلترا من أوائل شهر ديسمبر إلى أواخر مايو عند خمس درجات حرارة للمحلول مع التحكم في درجة حرارة الهواء طول اليوم بالتسخين والتهوية الأتوماتيكية بحيث تكون ٢٠ - ٢٥°م . ويوضح جدول رقم ١٢ استهلاك الماء عند حرارة المحلول ٣٢°م بالتر لكل نبات في اليوم لمتوسطات أسبوعية . وبسبب تاريخ الزراعة

لهذا المحصول فإن هناك زيادة تلقائية في حجم النبات والاشعاع الشمسي الكلي . ويتضح من الجدول رقم ١٢ أنه كلما زادت هذه العوامل زاد معدل استهلاك الماء . ويزداد الاستهلاك المائي بزيادة درجة حرارة المحلول . ومتوسط الاستهلاك المائي معبرا عنه كنسبة مئوية من الاستهلاك المائي عند درجة حرارة محلول قدرها ٥٣٢م كان كما يلي : عند درجة ٥٢٩م ، ٥٢٦م كان ٩٠ ، ٨٠٪ على التوالي . وعند درجة ٥٢٣م كان ٧٧٪ وعند درجة ٥٢٠م كان ٦٤٪ . وفي نهاية مايو كان أعلى استهلاك مائي أمكن الحصول عليه هو ١,٦ لتر/يوم عند أعلى درجة حرارة لكل نبات .

جدول رقم ١٢ : الاستهلاك المائي الأسبوعي لنباتات طماطم متزرعة في شهر نوفمبر بصوبة زراعية بشمال الجزائر
(درجة حرارة المحلول المملئ ٣٢ م)

نهاية الأسبوع	الاستهلاك المائي (لتر في اليوم لكل نبات)	نهاية الأسبوع	الاستهلاك المائي (لتر في اليوم لكل نبات)
١٢ ديسمبر	١٧	٦ مارس	٦٣
١٩ ديسمبر	١٧	١٣ مارس	٦٧
٢٦ ديسمبر	٢٢	٢٠ مارس	٨١
٢ يناير	٢١	٢٧ مارس	٩٠
٩ يناير	٢٦	٣ أبريل	٩١
١٦ يناير	٢٩	١٠ أبريل	٩٥
٢٣ يناير	٣٤	١٧ أبريل	١٠٠
٣٠ يناير	٤٢	٢٤ أبريل	١٠٢
٦ فبراير	٤٥	١ مايو	٩٦
١٣ فبراير	٥٧	٨ مايو	٨٨
٢٠ فبراير	٦١	١٥ مايو	١٠٤
٢٧ فبراير	٥٧	٢٢ مايو	١٠٢١
		٢٩ مايو	١٠٥٨

تقنية الغشاء المغذى بطريقة الري

يوجد ثلاث طرق أساسية لري الحاصل هي :

١ - الري بالغمر : وفي هذه الطريقة يحدث فقد بالبحر من سطح الماء في قنوات الري ومن سطح التربة المبث . وفي الأراضي جيدة الصرف يفقد الماء أيضا عن طريق الرشح

٢ - الري بالرش : وفي هذه الطريقة يفقد نسبة من الماء عن طريق البحر قبل أن يصل الماء إلى الأرض . وبعض الماء سوف يسقط على الأوراق وهذا يساعد على مزيد من الفقد بالبحر . ويفقد جزء من الماء الذي يصل إلى سطح التربة أيضا بالبحر من سطح التربة الرطب . وفي الأراضي جيدة الصرف يمكن أيضا أن يحدث فقد لجزء من الماء . ولكن هذا الجزء يمكن تقليله عن طريق إحكام الري .

٣ - الري بالتنقيط : وهي أكثر الطرق فلا يوجد بها فقد عن طريق الصرف والفق من طريق البحر من سطح التربة قليل لأن السطح المبث صغير نسبيا .

ويتشابه نظام الزراعة بالغشاء المغذى مع نظام الري بالتنقيط إذ أن فقد الماء عن طريق الصرف والبحر معدوم تقريبا .

ويوجد مع الري بالتنقيط عدد كبير من المنقطات (منقط لكل نبات غالبا) وفتحات هذه المنقطات صغيرة لتعطى الماء ببطء . وبالتالي يجب ملاحظة هذه المنقطات باستمرار وتسلية أى انسداد يحدث بها . أما في نظام الغشاء المغذى فتحات خروج الماء قليلة إذ يوجد فتحة واحدة لكل صف لدخول الماء وقطر هذه الفتحات أكبر من قطر فتحة المنقطات في نظام الري بالتنقيط ومعدل التدفق منها أعلى ولهذا السبب فنادر ما يحدث انسداد لهذه الفتحات .

وفي كل نظم الري العادية ، يضاف ماء الري إلى التربة . فإذا احتوى الماء على كمية من بعض الأيونات أكبر مما يحتاجه المحصول (على سبيل المثال الصوديوم ، المغنسيوم ، الكلوريد والكبريتات) أدى ذلك إلى تراكم هذه الأيونات في التربة وقد تنشأ مشكلة الملحوظة ويبدأ المحصول في الانخفاض . أما في نظام الغشاء المغذى فهذه المشكلة غير موجودة لأنه لا يوجد أية صلة ينمو فيها الجذر . فعند تفريغ النظام نتخلص من أى أملاح زائدة .

وفي حالة إضافة الماء إلى المحصول النامي في التربة يجب إحكام الري بدرجة شديدة حتى نحصل على أعلى محصول . فالتقييم الدقيق لعدد مرات الري والفترات بين الريات وكمية ماء الري تستلزم سنين من الخبرة حتى يمكن إحكام مائى جيد . ويزداد الأمر صعوبة عند الرغبة في الحصول على محصول مرتفع من الطماطم المزروع في أكياس بلاستيكية أو أوعية مملأ بالبيت في الصوبة .

وتوجد بعض الأجهزة التي تساعد في التعرف على الوقت المناسب للرى . فجهاز التشيومتر يشير إلى التغيرات في الشد الرطوبى (رطوبة التربة) ولكن مازال على مدير المزرعة أن يقرر عند أى نسبة وطوبة بالتربة يبدأ الري وما هى الكمية التي يجب إضافتها من الماء . كما يوجد أيضا جهاز قياس أشعة الشمس Solarimeter ولكن أيضا على مدير المزرعة أن يقرر عند أى قدر من الطاقة الشمسية التي استقبلها سطح الأرض يقوم بالرى ومقدار الماء الذى يضيفه .

ومن مميزات تقنيات الغشاء المغذى الأساسية أنه يستبعد أى قرارات إدارة بالنسبة للرى . ففي الري المستمر في طريقه الغشاء المغذى لا يوجد تعارض بين امداد الماء و امداد الهواء للجذور ، وبمعنى آخر في هذا النظام تستبعد الحالات الديناميكية التي يتغير فيها امداد الماء والهواء باستمرار . ونتيجة لتدفق تيار ضحل من السائل تحت حصىرة الجذور التي تنشأ في قناة الغشاء المغذى يتوفر دائما ماء ميسور للنبات . ونتيجة لأن الجزء الأعلى من حصىرة الجذور

موجودة في الهواء بالرغم أنه يمثل فإنه يوجد هواء متاح للمجموع الجذري .
وعلى ذلك فشرط الزراعة في إحكام الرى مستبعد .

وحيث أنه لا يوجد احتمال تراكم الأملاح بصفة مستمرة في تقنيات الزراعة
بالغشاء المغذى فإنه يمكن استخدام وسائل الصرف الصحي كمصدر للماء
واللناصر الغذائية في هذا النظام .

نز الجذور وتثبيت النيتروجين

منشأة الغشاء المغذى نظام مقفل بمعنى أن أى مادة تنز (تخرج) من
الجذور النباتية سوف تبقى في الماء الدائر وتكون قابلة لاعادة امتصاصها
بالمجموع الجذري لو كانت هذه المادة قابلة للامتصاص — أما زراعة
الحاصلات بالتربة فهي نظام مفتوح إذ أن الجذور تنمو تاركة منطقة النز
السابقة والمواد النازة تبقى في التربة في موقعها وقد يعاد امتصاص قليل من
المواد النازة من الجذور .

ومن المعروف أن النباتات تنز مركبات عضوية من جذورها . فعند تعرض
الأوراق لثاني أكسيد الكربون المحتوى على ك — ١٤ المشع وجد هذا الكربون
المشح في المحلول المحيط بجذور بادرات القمح بعد ٥ ساعات . ومن المعروف
أيضا أن النباتات قد تمتص مركبات عضوية من خلال جذورها مثل الخردل
Mustard والقمح والشعير التي تمتص الأحماض الأمينية ، كما تمتص جذور الذرة
والطماطم الفوسفور العضوى . ومن التجارب باستخدام المركبات العضوية
التي تسبب تشوه النمو اتضح أن النباتات قادرة على امتصاص المركبات
العضوية النازة (الخارجة) من الجذور من نفس الصنف أو الأصناف
الأخرى . وقد تعمل المواد الخارجة من جذور النباتات كمنظم للنمو ويتضح
ذلك من قدرة المواد الخارجة (النازة) من جذور نباتات الذرة الرفيعة
Sorghum على اسراع إنبات البذور الساكنة dormant لنبات Striga
hermonthica وكذا تنشيط نمو الجذور المقطوعة للذرة والبسلة Peas . كما

أُتضح أن المواد الخارجة من الجذور تعمل كمنظم للنمو بتركيزات شديدة الانخفاض إذ أن حامض الاكلبيك *Eclepic acid* الخارج من جذور الطماطم ينشط فقس حويصلات الديدان الأرضية عند وجوده بتركيزات تصل إلى ١ في ١٠ مليون . وقد أُتضح أن نمو النبات يمكن أن يتأثر بنواتج جذور نبات آخر من نفس الصنف وبالطبع بنواتج جذور نفس النبات . كما أن حامض ترانس — سيناميك *Trans-cinnamic acid* التاز (الخارج) من جذور نباتات الجواويل *Guayule* الكبيرة تقلل نمو نباتات الجواويل الصغيرة . كما أن نواتج جذور نوع ما من النبات يمكن أن تؤثر على نمو نوع مختلف آخر من النبات . وعلى سبيل المثال فإن جذور شجر الجوز *Walnut* تخرج مواد تسبب ذبول *Wilt* نباتات الطماطم .

وفي نظام الغشاء المغذى لو تم نز (اخراج) النيتروجين من جذور النباتات التي تثبت النيتروجين فمن الممكن أن يحمل بالخلول الدائر لمحصل آخر في جزء آخر في نفس المنشأة . وعلى هذا فمن الممكن تحديد أمثل نسبة من النباتات المثبتة للنيتروجين إلى النباتات الغير مثبتة للنيتروجين لتوفير إمداد مناسب للنيتروجين . وهذا سوف يوفر مصدرا رخيصا من النيتروجين . والدراسات الأولية التي أجريت حول هذا الموضوع هو تلقيح المخلول الدائر في نظام الغشاء المغذى بالبكتريا المثبتة للنيتروجين (دراسات *Dinesh Balsaver* بالهند) .

الباب الرابع

خدمة نظام الغشاء المغذى

- متابعة وضبط اخلول المغذى
- درجة حموضه اخلول المغذى
- درجة تركيز اخلول المغذى
- التحكم الأوتوماتيكي لدرجة الحموضة والتركيز
- دوران اخلول المغذى
- حرارة اخلول المغذى
- متابعة الحالة الغذائية للنباتات
- تشخيص نقص العناصر المغذية
- تحليل الأنسجة النباتية
- اليوت الزراعية
- اعداد الشتلات
- زراعة الأنسجة
- الإصابة بالأمراض ومكافحتها

متابعة وضبط المحلول المغذى

المحلول المغذى هو الذى يمد النباتات بالانصر المغذية الضرورية ، وعندما يتم تحضيره يتصف بدرجة حموضة معينة تلائم النباتات ، وتركيز معين ناتج عما أذيب فيه من عناصر فى صورة أملاح .

وبمضى الوقت ونمو النبات فى هذا المحلول تخرج الجنور ثانى أوكسيد الكربون وبعض المركبات العضوية تكون نتيجة تغير درجة حموضة المحلول مما قد لا يلائم النبات أو تتأثر قدرته على امتصاص العناصر المغذية ، كما أن تركيز هذه العناصر أيضا يتغير نتيجة لامتناس النبات النامى لها .

من أجل ذلك تعتبر متابعة درجة حموضة المحلول (رقم الـ pH) وتركيز الأملاح به واعادتها إلى ما كانا عليه فى البداية أمرا حاسما يتوقف عليه نجاح الزراعة أو اخفاقها .

ويرتبط بهذه المتابعة ارتباطا وثيقا الاطمئنان إلى مداومة دوران المحلول . فما لم يستمر هذا الدوران يقل الأوكسجين بالمحلول ولا يستطيع النبات النمو .

وفى حالة تدفئة المحلول تصبح مداومة متابعة درجة حرارة المحلول أمرا ضروريا . وقد أشرنا إلى أهمية متابعة وضبط درجة حرارته عند وصف نظام الغشاء المغذى .

درجة حموضة المحلول المغذى

رقم الـ pH

لدرجة حموضة المحلول المغذى أهمية كبيرة وقد سبق أن أوضحنا أن زيادة الحموضة تضر النبات النامى فى قنوات الغشاء المغذى أو فى غيرها من وسائل الزراعة بدون أرض . والواقع أنه من المعروف حتى فى الزراعة بالتربة أن التربة ذات الحموضة الزائدة ضارة بالنبات وفى نفس الوقت إذا قلت حموضة المحلول

إلى درجة زائدة يصبح المحلول قلوى التأثير . وللقلوية أيضا تأثير ضار على نمو النباتات . ومن أجل ذلك كان من الضروري متابعة درجة حموضة أو قلوية المحلول طوال فترة نمو النبات وضبطه عند درجة حموضة ملائمة للنبات . ويتم ذلك بقياس ما يسمى رقم الـ pH وهو تعبير ذو دلالة على تركيز الهيدروجين بالمحلول يستنتج من انحلال الماء إلى هيدروجين (H^+) وهيدروكسيل (OH^-) ويعبر عن تركيز الهيدروجين بلوغاريتم مقلوب تركيزه في المحلول .

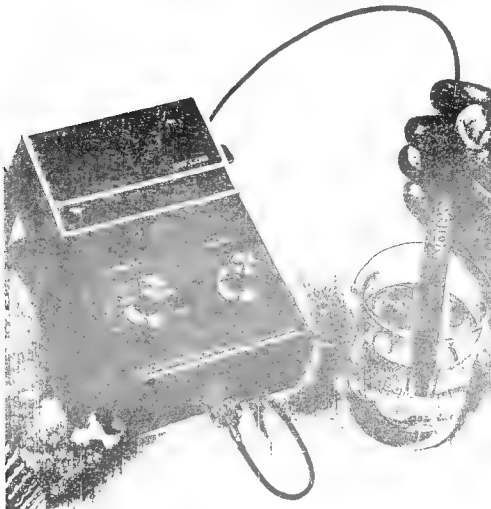
وفي حالة التعادل أى عندما يكون تركيز الهيدروجين مساويا لتركيز الهيدروكسيل في الماء النقي يكون رقم الـ pH مساويا ٧ أى أن لوغاريتم مقلوب تركيز الهيدروجين في هذا الماء المتعادل هو ٧ . وبزيادة الحموضة يزداد تركيز الهيدروجين فيقل الـ pH عن رقم ٧ بقدر ما تزيد الحموضة وفي نفس الوقت يقل تركيز القلوية (OH^-) . وعلى ذلك فالمحلول ذو رقم pH مساو ٥ ذو حموضة أعلى من المحلول ذو رقم pH مساو ٦ .

ويمثل رقم الـ pH أيضا الأس السالب لتركيز الهيدروجين . فرقم pH مساو ٥ يعنى أن تركيز الهيدروجين بالمحلول هو $10^{-٥}$ مول/لتر . ورقم pH مساو ٦ يعنى أن تركيز الهيدروجين بالمحلول هو $10^{-٦}$ مول/لتر وبهذا نستطيع أن نستنتج أن حموضة المحلول ذو رقم pH مساو ٥ تعادل ١٠ مرات قدر حموضة المحلول ذو رقم pH مساو ٦ .

قياس الـ pH

أبسط طريقة لقياس رقم الـ pH هي استخدام شريط ملون من الورق يتغير لونه تبعا لـ pH المحلول (أو تركيز أيونات الهيدروجين) في السائل الذى تمس فيه . وبمقارنة لون الورقة الرطبة مع الألوان القياسية ، فإن قيمة الـ pH المقابلة للون المقارب للون الورقة الرطبة هي رقم pH السائل . واستخدام هذه الطريقة لقياس pH المحلول المغذى للمحاصيل النامية بطريقة الغشاء المغذى ليس دقيقا بدرجة كافية . وتوجد طريقة بسيطة أخرى ولكنها أكثر دقة . وهي طريقة استخدام أدلة الـ pH السائلة والتي يتغير لونها تبعا لقيمة الـ pH .

فيؤخذ عينة من المحلول المغذى وتوضع في أنبوبة اختبار ويضاف إليها نقطة من الدليل ، فيتلون السائل في أنبوبة الاختبار ويقارن اللون الذى يظهر عندئذ مع اللون قياسية ، وقيمة الـ pH المقابلة هي قيمة الـ pH السائل .



شكل رقم (٢١) — جهاز قياس الـ pH للمحلول المغذى

وأفضل الطرق بالنسبة لنظام الغشاء المغذى هي استخدام أجهزة قياس الـ pH النقالى وهي صغيرة الحجم وتعمل بالبطارية وذات الكثرود يوضع في عينة من المحلول المغذى (شكل رقم ٢١) وعند مرور التيار الكهربائى تتحرك ابرة

أو مؤشر الجهاز على تدريج الـ pH لتبين قيمة الـ pH السائل . ومن الضروري أن يكون لدى المزارع جهاز لقياس الـ pH من هذا النوع حتى لو كان لديه تحكم أوتوماتيكي لـ pH المحلول في نظام الغشاء المغذى وذلك لأن أحسن أجهزة التحكم الأوتوماتيكي يحدث لها أعطال . ومن المهم عند استخدام الأجهزة الأوتوماتيكية عمل قياسات مستقلة بين وقت وآخر للـ pH للتأكد من أن جهاز التحكم الأوتوماتيكي يعمل بكفاءة .

ضبط الـ pH

يجب ألا يرتفع رقم pH المحلول المغذى لأغلب أنظمة الغشاء المغذى عن ٦,٥ وألا يقل عن ٦ . فإذا ضبط pH المحلول يدويا فيجب أن يقاس يوميا . وإذا كان مصدر الماء حامضي التأثير (بدرجة كافية) فإن الـ pH سوف ينخفض — أما إذا لم يكن حامضيا بدرجة كافية فإن الـ pH سوف يرتفع . وإذا ارتفع الـ pH إلى ٦,٥ — فيجب أن يضاف حامض للمحلول لخفضه إلى ٦ . وإذا انخفض الـ pH عن ٦ فيجب أن تضاف كمية كافية من القاعدة للمحلول لرفع الـ pH إلى ٦,٥ .

والحامض مادة تتأين عند إضافتها للمحلول المغذى لتعطي أيونات هيدروجين . وعلى سبيل المثال يتأين حمض النيتريك (HNO_3) إلى H^+ ، NO_3^- . أما القاعدة فهي مادة تعطي عند تأينها أيونات هيدروكسيل . وعلى سبيل المثال يتأين هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) إلى K^+ ، OH^- .

واصطلاح « قوى » أو ضعيف تشير إلى درجة تأين تلك المواد . وعلى سبيل المثال ، فحامض الهيدروكلوريك (HCL) يعتبر حامضا قويا لأنه يتأين بدرجة ١٠٠٪ في المحلول المخفف . بينما حامض الخليك ضعيف حيث يحدث له تأين بدرجة ٤٪ فقط .

وجهاز التحكم الأوتوماتيكي يراقب باستمرار التغير في الـ pH ويضخ الحامض أو القاعدة أوتوماتيكيا للحفاظ على قراءة الـ pH كما هي مسجلة في

جهاز التحكم - ولأغلب الحاصلات في أنظمة الغشاء المغذى يجب أن يكون
الـ pH ٦,٥ .

والأحماض المناسبة للاستخدام في ضبط pH المحلول هي حامض
الفوسفوريك (H_3PO_4) وحامض النيتريك (HNO_3) . أما القاعدة المناسبة
للاستخدام فهي هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) .

وفي حالة وجود كمية من الكالسيوم في الماء المستخدم لعمل المحلول المغذى
يفضل استخدام حامض النيتريك عن حامض الفوسفوريك . وذلك لأنه في
حالة استخدام حامض الفوسفوريك سوف تحتاج إلى كمية منه أكبر مما لو
استخدمنا حامض النيتريك . وكمية الحامض المطلوبة في هذه الحالة سوف
تقدر على أساس كمية يـكربونات الكالسيوم $[CaHCO_3]$ الموجودة لأن
كلا من حامض النيتريك والفوسفوريك سوف يتفاعل مع يـكربونات
الكالسيوم كما في المعادلات التالية :



ومن المعادلات السابقة يتضح أن كلا الحامضين ينتج ثالي أكسيد الكربون
والماء ، ولكن في حالة حامض النيتريك تتكون نترات الكالسيوم الذائبة بينما
مع حامض الفوسفوريك يتكون فوسفات الكالسيوم غير الذائبة وهي راسب
أيض لا قيمة غذائية له . لهذا فإنه يحدث نقص غذائي في الفوسفور بصفة
أساسية إذ لا يحدث هذا التفاعل إلا في وجود زيادة من الكالسيوم . والراسب
المتكون لا يسبب مشاكل ميكانيكية مثل اعاققة حركة أو سريان المحلول . وقد
قليل إن الراسب غير الذائب سوف يسد فتحات مرور الهواء في الجبلور . غير
أن ذلك لم يثبت وأمكن الحصول على محصول جيد من الطماطم باستخدام ماء
يحتوى ١٠٠ جزء في المليون من الكالسيوم واستخدام حامض الفوسفوريك في
ضبط رقم pH المحلول . وفي هذه الحالة سوف نحتاج إلى كمية من الحامض
أكبر عند استخدام حامض الفوسفوريك للتحكم في الـ pH عن تلك المطلوبة

إذا استخدمنا حامض النيتريك . وبالإضافة إلى ذلك يجب أن يؤخذ في الاعتبار أمان التشغيل عند اختيار الحامض الذى سوف يستخدم في ضبط pH المحلول . فحامض النيتريك المركز حارق جدا بينما حامض الفوسفوريك غير حارق كما أن التكاليف والمزايا والعيوب الكيميائية يجب أيضا أخذها في الاعتبار . وعموما ليس هناك حامض كامل الصفات والاختيار عادة يكون بين حامض الفوسفوريك والنيتريك ولكل منهما مزايا وعيوب عند الاستخدام .

ويمكن استخدام حامض الكبريتيك (H_2SO_4) أيضا وهو مثل حامض النيتريك قوى حارق . وقد عملت تجربة مقارنة في كلية الزراعة ببولنر (إنجلترا) بين نظامين من الغشاء المغذى للطماطم مع اجراء ضبط الـ pH بحامض الفوسفوريك وحامض الكبريتيك . فكان وزن المحصول لكل نبات ٤,٨ كيلو جرام في حالة استخدام حامض الفوسفوريك و٤,٤ كيلو جرام في حالة استخدام حامض الكبريتيك . وقد لوحظ في المرحلة الأولى أن نمو النباتات لم يكن جيدا عند استخدام حمض الكبريتيك .

ولكى نفهم لماذا نحتاج إلى حامض الفوسفوريك أكثر من حامض النيتريك عند وجود بيكربونات الكالسيوم في المصدر المائي ، فمن الضروري فهم معنى كل من المحلول الجزئى (المولر) ، المحلول العيارى والمكافئ الهيدروجينى لحامض .

الجزئى أو المول (Mole) هو كتلة (وزن) المادة التى يساوى وزنها الوزن الجزئى وعادة يعبر عنه بالوزن الجزئى الجرامى . وعلى سبيل المثال فالوزن الجزئى لحامض النيتريك (HNO_3) هو مجموع أوزان الذرات المكونة له .

$$HNO_3 = 1 + 14 + (16 \times 3) = 63$$

لهذا فالوزن الجزئى الجرامى = ٦٣ جرام .

والمحلول الجزئى (المولر) Molar Solution يحتوى على الوزن الجزئى

الجرامى (١ مول) من المادة مذابا فى ١ لتر من المحلول . وعلى هذا فالمحلول المولر من حامض النيتريك والذى حجمه ١ لتر يحتوى على ٦٣ جرام من حامض النيتريك .

والكافى الهيدروجينى للمادة Hydrogen equivalent للمادة هو عدد ذرات الهيدروجين القابلة للاحتلال فى جزيء واحد منها . ففى حالة حامض النيتريك (HNO_3) يكون المكافى الهيدروجينى واحد .

والمحلول العيارى يحتوى على الوزن الجزيء الجرامى من المادة المذابة لكل لتر من المحلول (المحلول المولر) مقسوما على المكافى الهيدروجينى . ولأن المكافى الهيدروجينى لحامض النيتريك واحد فإن المحلول العيارى لحامض النيتريك يحتوى الوزن الجزيء الجرامى فى اللتر مقسوما على واحد . لهذا فالمحلول المولر والمحلول العيارى لحامض النيتريك يحتوى كل منهما على نفس الكمية من حامض النيتريك فى اللتر . ولكن المكافى الهيدروجينى لحمض الفوسفوريك (H_3PO_4) يكون ٣ والوزن الجزيء الجرامى لحمض الفوسفوريك = ٩٨ جرام وعلى هذا فإن المحلول العيارى يحتوى فقط ٣٢,٧ جرام ($98 \div 3$) حمض فوسفوريك فى اللتر بينما المحلول الجزيء (المولر) يحتوى ٩٨ جرام .

ويستخدم أيضا اصطلاح آخر للتعبير عن تركيز المحلول . فواحد مليلجرام لكل لتر هو نفسه ١ جزء فى المليون لأنه يوجد ١٠٠٠ مليلتر فى اللتر الواحد . لهذا فإن محلول ملليمولر من كربونات الكالسيوم $[\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2]$ سوف يحتوى على ٤٠ جزء فى المليون من الكالسيوم لأن الكالسيوم وزنه الذرى يساوى ٤٠ .

ويكربونات الكالسيوم فى المصدر المائى كما سبق شرحه سوف يتفاعل مع حامض النيتريك كما فى المعادلة التالية :



وطبقا للتصريف السابق فإن واحد مليلتر من محلول عيارى من حامض النيتريك يحتوى على واحد ملليجزيء جرامى (مليمول) من حامض النيتريك ولهذا ففى المعادلة السابقة يتفاعل واحد مليمول من بيكربونات الكالسيوم مع ٢ ملليمول من محلول عيارى للحامض النيتريك .

وحامض النيتريك سائل له كثافة نوعية ١,٤٢ وبمعنى آخر فهو أثقل من الماء بمقدار ١,٤٢ مرة . وكل ١ مليلتر من الحامض يزن ١,٤٢ جرام . وكما شرحنا سابقا فالمحلول العيارى يحتوى فى كل لتر على الوزن الجزيئى الجرامى من المادة مقسوما على المكافء الهيدروجينى . ولحامض النيتريك كما أظهرنا سابقا يحتوى ٦٣ جرام . وحيث أن وزنه النوعى ١,٤٢ فيكون هذا الوزن مساويا ٤٤ مل ($63 \div 1.42$) وعلى ذلك فلتحضير محلول عيارى من حامض النيتريك يلزمنا ٤٤ مليلتر من الحامض تكمل إلى لتر واحد بالماء . وبمعنى آخر فهو محلول ٤,٤٪ . وهذا معناه وجود ٤٤ مليلتر من الحامض فى ١٠٠٠ مل من المحلول .

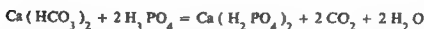
أما الماء النقى الخالى من كربونات الكالسيوم فإن كمية الحامض المطلوبة لضبط الـ pH عند ٦ تكون قليلة وتكون فى حدود ١ مليلتر من محلول عيارى الحامض النيتريك لكل ١٠٠٠ لتر من الماء فى نظام الغشاء المغذى .

وعلى هذا وكما شرحنا سابقا فإن كمية الحامض المطلوبة لضبط الـ pH تقدر عن طريق كمية الكالسيوم فى الماء — وكلما زاد محتوى الكالسيوم كلما زادت كمية الحامض المطلوبة . وعلى هذا فالاحتياجات الحامضية يمكن حسابها من محتوى الكالسيوم كالتالى :

إذا استخدم محلول عيارى من حامض النيتريك فإن الجزء فى المليون من الكالسيوم فى المصدر المائى يجب أن يقسم على ٢٠ ليعطى عدد المليمترات من الحامض المطلوبة لكل لتر . والرقم ٢٠ مشتق من حقيقة أن كل ١ ملليمول من كربونات الكالسيوم يحتوى على ٤٠ جزء فى المليون كالسيوم والتى سوف

تفاعل مع ٢ مليلتر من حامض النيتريك العيارى . لهذا فإن ١ مليلتر من الحامض سوف يتفاعل مع ٢٠ جزء في المليون من الكالسيوم . وعلى ذلك فإن قسمة عدد الأجزاء في المليون من الكالسيوم في المصدر المائى على ٢٠ يعطى عدد المليمترات من حامض النيتريك العيارى المطلوبة لكل لتر .

وإذا استخدمنا حامض الفوسفوريك فإن بيكربونات الكالسيوم في المصدر المائى سوف تتفاعل مع الحامض كما في المعادلة التالية :



وقد أوضحنا سابقا أن المحلول العيارى من حامض الفوسفوريك يحتوى على $\frac{1}{3}$ الكمية فقط من حمض الفوسفوريك الموجودة في المحلول الجزئى

(المولر) . ولأن المكافء الهيدروجينى ٣ ، لهذا فلتفاعل مع ١ ملليمول من بيكربونات الكالسيوم يلزمنا ٦ مليلتر من محلول عيارى الحامض الفوسفوريك . والاحتياجات الحامضية باستخدام حامض الفوسفوريك تحسب كما في حالة حامض النيتريك ولكن تضرب في ٣ . مثال ذلك ، إذا كان الماء يحتوى على ١٠٠ جزء في المليون من الكالسيوم فإن حجم حمض النيتريك العيارى اللازم لكل ١٠٠٠ لتر من المحلول في نظام الفشاء المغذى يكون :

$$= 1000 \times \frac{100}{20} = 5000 \text{ مليلتر} = 5 \text{ لتر}$$

بينما حجم حمض الفوسفوريك العيارى اللازم يكون :

$$= 1000 \times 3 \times \frac{100}{20} = 15000 \text{ مليلتر} = 15 \text{ لتر}$$

وحامض الفوسفوريك سائل كثافته النوعية ١,٧٥ وهذا يعنى أن كل ١ مليلتر من حامض الفوسفوريك يزن ١,٧٥ جرام . وكما شرحنا سابقا فالمحلول العيارى يحتوى على الوزن الجزئى من المادة لكل لتر مقسوما على المكافء

الهيدروجيني لها (٣٢,٧ جرام) ولأن كثافته النوعية ١,٧٥ فهذا انوزن يساوى ١٩ مليلتر (٣٢,٧ ÷ ١,٧٥) وعلى هذا فلتحضير محلول عيارى من حامض الفوسفوريك يلزمنا ١٩ مل من الحامض تكمل إلى حجم نهائى لتر بالماء المقطر . معنى ذلك أنه محلول ١,٩٪ لأنه يوجد ١٩ مليلتر من الحامض فى ١٠٠٠ مليلتر من المحلول . وهذا الحامض بسبب طبيعته غير الحارقة فاستخدامه مأمون ولو كان مركزاً فلا داعى لتخفيفه . أما استخدام حامض النيتريك فيجب الحرص عند استخدامه فرذاذه يسبب حروق بالملابس والآلم شديدة بالجلد . وإذا لامس العيون فإنه قد يؤدى إلى ضرر مستديم للبصر . كما أنه يعطى دخاناً يسبب تسمماً إذا استنشق العامل وتزداد خطورته أن من يستنشقه لا يشعر بأى ضيق وقت استنشاقه .

ويرد حامض النيتريك عادة معبأ فى أوعية من الزجاج أو البلاستيك ويخزن فى مبنى مهوى معزول على أرضية من مادة غير عضوية مثل الطوب أو الحجر .

ويفرغ الحامض من أوعيته بواسطة سيفون من الحديد غير قابل للصدأ أو بواسطة مضخة خاصة . ويجب أن يكون العامل بعيداً قدر الإمكان عن الوعاء الذى يفرغ فيه الحامض حتى لا يتعرض لرذاذه أو للأبخرة المتصاعدة منه . ويجب أن يقوم بالتفريغ عاملان أحدهما يحمل وعاء الحامض والآخر يقوم بالتفريغ ومن الضرورى أن يلبس قفطة وقفازاً وأحذية وبظلونات لا تتأثر بالحامض . ويجب أن يحتوى مخزن حامض النيتريك قدراً وافراً من مسحوق الطباشير أو كربونات الكالسيوم لاستخدامها لمعادلة أى رذاذ أو حامض . وكذا يجب أن يكون بالمخزن حنفية وخرطوم لغسيل موقع الرذاذ ولا يستخدم القماش قط ويجب توفر وسائل الاسعاف الأولى مثل حوض غسيل العين مع ماء مقطر وكذا زجاجة غسيل العين مملأ بمحلول بوريك ملحي .

وعند تجهيز محلول مخفف من حامض النيتريك حجمه مثلاً ١٠ لتر من الحامض التجارى ٧٠٪ فى ١٦٠ لتر من الماء ، يجب أن يغطى الخزان الذى

سوف يحتوى على الحامض الخفف بقطاء ذى ثقب يجعل منه الحامض المركز خلال أنبوبة وثقب آخر يوضع به أنبوبة لسحب الدخان خارج المبنى . ويقوم العاملون وهم بملابس واقية — بملأ الخزان جزئيا بالماء اللازم ثم يضاف الحامض .

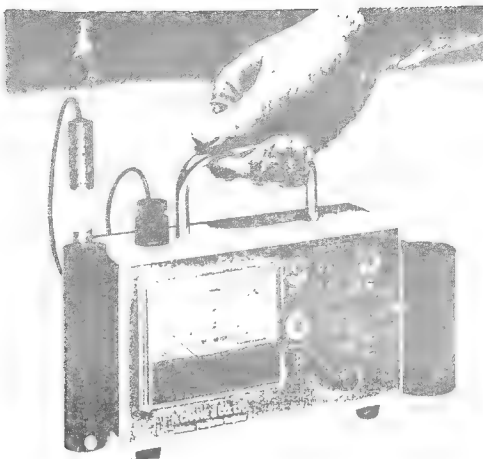
وعندما يكون مصدر الماء المخلئ زائد الحموضة فيجب اضافة هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) لرفع الـ pH للقيمة المطلوبة . وهيدروكسيد البوتاسيوم يمكن الحصول عليه في شكل كرات ويمكن تحضير محلول ٥٪ بوزن ٥٠ جرام من كرات هيدروكسيد البوتاسيوم واذابتها في ٩٥٠ مليلتر . وعلى هذا الأساس يمكن تحضير حجم كبير أو صغير من محلول هيدروكسيد البوتاسيوم حسب الكمية المطلوبة .

وإذا كان الماء المستخدم في ضبط المحلول المغذى مخزنا في خزان بالموقع فمن الضروري معالجة هذا الماء بضبط رقم pH عند ٦,٠ بإضافة الحامض أو القلوى .

ضبط تركيز الأملاح بالمحلول المغذى

من المعروف أن العناصر المغذية للنبات في نظام الغشاء المغذى تذاب في الماء . ويمكن تقدير تركيز العناصر الغذائية في المحلول بقياس قدرة الماء على توصيل التيار الكهربى ، إذ يزداد التوصيل الكهربائى كلما زاد تركيز المواد المذابة في المحلول . ويعرف المحلول الذى له القدرة على توصيل التيار الكهربى بالالكتروليت . وتقاس مقاومته للتوصيل الكهربى بوحدات الأوم . وقدرته على التوصيل تعرف بالتوصيل الكهربائى وهو مقلوب المقاومة . ووحدات قياس التوصيل تعرف بالموه mho . والتوصيل الكهربائى للالكتروليتات عادة يعبر عنه بالمليموز/سم (٠.٠٠١ موه) أو الميكروموز/سم (١ × ١٠^{-٦} موه) . فمثلا ٢ ملليموز/سم تعادل ٢٠٠٠ ميكروموز/سم . وقد استبدلت وحدات الموه mho بوحدات سيبن Sieben و ١ ملليموه/سم = ١ ديسى سيبن /م ds/m = 1 mmoh/cm .

يعبر عن التوصيل الكهربائى أيضا بمعامل التوصيل Conductivity Factor (CF) لتجنب استخدام الأرقام العشرية في حالة استخدام الملليموز أو الأرقام الكبيرة في حالة الميكروموز . فالتوصيل الكهربائى ٢ ملليموز/سم أو ٢٠٠٠ ميكروموز/سم هو نفسه معامل توصيل (CF) مقداره ٢٠ . وجهاز قياس الـ CF المتنقل والذى يعمل بالبطارية متاح ومتوفر تجاريا . وهذه الأجهزة صغيرة في حجم راديو الترانزستور ولها الكترود حساس يوضع في عينة المحلول المغذى (شكل رقم ٢٢) . وعند مرور التيار الكهربى من البطارية خلال المحلول يتحرك المؤشر في الجهاز على التدرج وعند ثباته فإنه يشير إلى قيمة CF للمحلول المختبر . ومن الضرورى وجود جهاز قياس CF من هذا النوع حتى في حالة استخدام وحده رصد وتحكم أتماتيكية للتوصيل الكهربائى لأن القياس المستقل للـ CF مطلوب كوسيلة للتأكد من كفاءة الأجهزة الأوتوماتيكية .



شكل رقم (٢٢) - جهاز قياس التوصيل الكهربائي للمحلول المغذى

جودة الماء

في بداية تشغيل وحدات الغشاء المغذى تملأ بالمحلول . ويفقد الماء باستمرار من النظام أساسيا عن طريق أوراق النبات بعملية التتح . ويجب أن يظل حجم الماء ثابتا بالاحلال الأتوماتيكي للماء المفقود . ويتم ذلك عن طريق صمام في الخزان الجامع Cetchment tank الذى يسمح بتدفق الماء إلى داخل نظام الغشاء المغذى من مصدر خارجي عند الحاجة .

ويحتوى الماء على مواد مذابة فيه تختلف طبيعتها وكميتها حسب المكان .
فإذا لم يمكن إزالة هذه المواد من الماء بامتصاص النبات لها بمعدل أسرع من
إضافتها مع الماء (الذى يعوض النتح) ، فإن تركيزها فى الماء الدائر فى نظام
الغشاء الغذى سوف يزيد حتى يصل تركيز أحد الأيونات به إلى حد ضار
بنمو النبات وقد يصل إلى التركيز السام .

وكلوريد الصوديوم أحد المواد التى كثيرا ما تسبب مثل هذه المتاعب .
وتحتاج معظم النباتات إلى قليل من أيون الصوديوم وقليل جدا من أيون
الكلوريد للنمو . فإذا كان كلوريد الصوديوم موجودا بكثرة فى الماء المحل
local water فسوف يزداد تركيزه . وقد أوضح Spenseley أن الحد الأعلى
لتركيز كلوريد الصوديوم فى الماء المستخدم الذى لا يسبب ضررا هو ٣٠ جزء
فى المليون غير أنه لا يوجد معلومات كافية متعلقة بهذه المشكلة . ومن الصعب
بالمعلومات المتاحة حاليا أن نحكم من التحليل الكيميائى لأى ماء على صلاحية
هذا الماء لنظام الغشاء الغذى . ويوضح جدول رقم ١٣ بعض المواد المذابة
التي قد توجد فى ماء أحد الآبار ذى درجة حموضة (pH) = ٦,٨ ومعامل
توصيل CF = ١ ومستخدَم فى الزراعة بنظام الغشاء الغذى فى آلاسكا
Alaska . فتركيز المواد المذابة منخفض بحيث يمكن القول بثقة إن هذا ماء نقى
ومثالى لنظام الغشاء الغذى . فمن مثل هذا التحليل لا توجد صعوبة للحكم
على صلاحية الماء . فرغم عدم ملحيته إلا أنه يحتوى على كمية كافية من الزنك
بحيث لا يحتاج إلى إضافة أى مزيد من الزنك إلى هذا الماء عند استخدامه فى
نظام الغشاء الغذى . ويوضح جدول رقم ١٤ مثالا آخر لماء أرضى له pH
يساوى ٢,٧ و CF يساوى ٨ وهو يأبى من تلال جيرية Chalk hills ويستخدم
فى نظام الغشاء الغذى فى إنجلترا . وأهم خواص هذا الماء احتواؤه على تركيز
عال من الكالسيوم — حوالى ١٢٢ جزء فى المليون . ومع ذلك لم يسبب هذا
الارتفاع فى تركيز الكالسيوم أى مشكلة فى تقنيات الغشاء الغذى . ويكفى
محتواه من الزنك (٥ جزء فى المليون) احتياجات المحاصيل من هذا العنصر
. بدون أى إضافة . ويحتوى البورون ٤ جزء فى المليون من المحتمل أنه يكاد

يكون كافيا ولا يحتاج إلى إضافة من البورون . وبالرغم من أن هذا الماء ليس غذاء مثل ماء الأسكا إلا أنه مناسب لتقنيات الغشاء للفلى . والماء الذى يحتوى حتى عل تركيز من الكالسيوم قدره ٤٠٠ جزء فى المليون أمكن استخدامه بنجاح لزراعة الطماطم والخيار فى باربادوس Barbados .

جدول رقم ١٣ : التحليل الكيمائى لمياه بحر من الأسكا

(١ = CF ، ٦,٨ = pH)

المكون	التركيز (جزء فى المليون)
ألومنيوم	٠,٢
بورون	صفر
كالسيوم	٦,٠
كلوريد	٨,٠
نحاس	صفر
فلوريد	١,٠
حديد	٠,٩
مغنسيوم	٦,٨
منجنيز	٠,٨
موليدم	صفر
نيروجين	١,٦
فوسفور	٠,٥
بوتاسيوم	٢,٤
صوديوم	٤,٠
كبريتات	٠,٥
كبريتيت	١,٥
زنك	٠,٢

ويوضح جدول رقم ١٥ تحليل ماء أحد الينابيع (العيون) وهو ذو $pH = ٧,٥$ ومعامل توصيل $CF = ٣٣$. إذ يحتوى على تركيز شديد الارتفاع من الصوديوم (٤٦٠ جزء في المليون) ومحتوى مرتفع من المغنسيوم . ولو أن تقدير محتواه من الكلوريد ذو أهمية غير أنه حتى بدون هذا التقدير فمن الممكن القول أن هذا الماء غير ملائم لتقنيات الغشاء المغذى بدون معاملته لإزالة بعض المواد المذابة . وفي جدول رقم ١٦ موضح نتائج تحليل مياه المدينة في دبي Dubai . وعلى أى حال فالدراسات التى أجريت عن استهلاك الماء الملحي في تقنيات الغشاء المغذى قليلة بحيث يصعب إعطاء رأى قاطع في هذا الشأن .

جدول رقم ١٤ : التحليل الكيميائى لماء أرض من تلال جيرية
في إنجلترا ($pH = ٧,٧$ ، $CF = ٨$)

المكون	التركيز (جزء في المليون)
بورون	٠,٤
كالميوم	١٢٢,٠
كلوريد	صفر
نحاس	٠,١
حديد	٠,٢
مغنسيوم	٨,٠
منجنيز	صفر
نيتروجين	١٢,٠
بوتاسيوم	١,٠
فوسفور	صفر
صوديوم	٢٤,٠
زنك	٠,٥

جدول رقم ١٥ : التحليل الكيميائي لماء النايبيج في الكويت
($٣٣ = CF$, $٧,٥ = PH$)

المكون	التركيز (جزء في المليون)
بورون	١
كالسيوم	١٧٥
نحاس	٠,١
حديد	٠,٥
مغنسيوم	١٩٢
منجنيز	٠,٢
نيتروجين	١٢
فوسفور	٠,٥
بوتاسيوم	١٠
صوديوم	٤٦٠
زنك	٠,١

وبالمعلومات المتوفرة حاليا فإنه من الصعب إبداء رأى عن صلاحية الماء. ما لم يكن نقياً تماماً مثل مياه بحر ألأسكا أو غير نقي وتحليله شديد الملاحية مثل ماء العين في الكويت . وتحديد الحدود العليا المقبولة لتركيزات الأيونات المختلفة في الماء المستخدم في تقنيات الغشاء الغدئ أمر ذو أهمية كبيرة خاصة بالنسبة للصدويم والمغنسيوم والكالسيوم والزنك والكلوريد والكبريتات . ولكن هذا التحديد لا يكون بمجرد التقدير الكيميائي لأن هذه الحدود تتأثر ليس فقط بتحمل النباتات ولكن أيضا بمعدل فقد الماء عن طريق التسع ومعلوم أنه يتأثر بعوامل أخرى كثيرة مثل المناخ وأشعة الشمس وحرارة الهواء .

جدول رقم ١٦ : التحليل الكيميائي لماء المدينة في دقي

(١٨ = CF ، ٧,٧ = pH)

المكون	التركيز (جزء في المليون)
فلورين	١
صوديوم	٢٥١
بوتاسيوم	١٧
كاليوم	٥٥
مغنسيوم	٤٢
كبريتات	٢١١
كلوريد	٣٩٠
حديد	صفر
ألومنيوم	صفر
نيتروجين	,٦

التحكم في نوعية الماء

الماء المفضل في نظم الغشاء المفضى هو ماء المطر أو الماء المكتشف من الهواء الضحل بالرطوبة . فللماء من هذين المصدرين لا يحتوى على مواد مذابة فيه . وبالتالي فلا يوجد تجمع زائد للأيونات في نظام الغشاء المفضى NFT نتيجة لإضافات الماء لتحيض قذبه . ويمكن خلط هذا الماء النقي والذي غالبا ما يكون قليلا مع ماء أقل نقاوة لإيجاد ماء مخلوط يكون تركيز المواد الذائبة فيه مقبولا . وإذا كان للماء المستعمل أحد المواد المذابة وكان المقدار المضاف من هذه المادة مع الماء الذى يعرض البحر — نتج أكثر بما يحصه النبات منها تجتمعت الزيادة من هذه المادة في المخلوط الدائر في نظم للغشاء المفضى .

. وينصح في هذه الحالة بوضع المحلول المغذى من نظام الغشاء المغذى قبل أن يصبح التركيز ضاراً . ونظراً لقلة المعلومات حالياً فإن الطريقة الوحيدة لتحديد هذه الفترة الزمنية هي تحليل الماء الموجود وتقدير التركيز بالجزء في المليون للأيونات التالية : النيتروجين ، النحاس ، الموليبدنم ، الزنك ، الصوديوم ، الكلوريد والكبريتات . ومن فحص نتائج التحليل يمكن معرفة أى الأيونات من المحتمل أن يزيد تركيزها حتى يصل إلى الحد الضار . وفي هذه الحالة تتخذ الترتيبات لإجراء التحليل أسبوعياً ويوقع تركيز الأيون أو الأيونات المشتبه فيها في رسم بياني كلما ارتفع التركيز .

والملاحظة المستمرة للنباتات سوف تبين متى تبدو على النباتات الأعراض الأولية للضرر . فعلى سبيل المثال قد تبدأ النباتات في المعاناة بتقص معدل نموها ويبدأ لون الأوراق الأخضر العادي في التحول إلى الأخضر المزرق وتصبح الأوراق الجديدة أصفر من المعتاد . فعندما تبدأ هذه التحولات في الظهور يمكن اعتبار أن تركيز الأيون المشتبه فيه قد أصبح عالياً . وعند هذه النقطة يجب أن يضع المحلول الدائر في نظام الـ NFT ويعاد ملء النظام بماء جديد وتضاف إليه العناصر الضرورية وإذا أفترضنا أن هذه الحالة قد حدثت بعد أحد عشر أسبوع ، يعاد تفريغ النظام مرة أخرى بماء جديد بعد ١٠ أسابيع من تفريغ النظام وإعادة ملئه بماء جديد . فإذا استمر نمو النبات جيداً بعد عشرة أسابيع دل ذلك على أن التركيز الضار يتحقق بعد ١٠ — ١١ أسبوع . وبالنسبة إلى تغير الظروف المناخية ومراحل النمو فقد يتغير أيضاً معدل النتح وبالتالي معدل تزايد تركيز العنصر المشتبه فيه ولذا ينصح باستمرار توقيع التركيز مع الوقت في رسم بياني ومنه يعرف التركيز الذي يبدأ عنده حدوث الضرر وبهذا يمكن التفريغ مستقبلاً قبل الوصول إلى هذا التركيز . والملاحظة الدقيقة والحذرة سوف تساعدان على تحديد وقت الضخ والتفريغ بدقة في الأغراض العملية .

فإذا فرضنا أن فترة الأمان الضرورية قبل عملية الضخ والتفريغ هي ٩

أسابيع وأن نظام الـ NFT يحوى ٩٠٠٠ لتر من المحلول الدائر . فيمكن حساب معدل التفريغ الذى يمنع الوصول إلى التركيز الضار لأى عنصر . واتباع أسلوب الاستنزاف bleed-off يمنع الحاجة إلى ضخ النظام لأن المحلول الدائر سوف يستنزف باستمرار بمعدل كما هو موضح فى المثال التالى حيث يمكن إحلال المحلول فى نهاية التسعة أسابيع . فى هذا المثال يمكن حساب معدل الاستنزاف كما يلى :

$$\begin{aligned} \text{حجم المحلول فى النظام} &= ٩٠٠٠ \text{ لتر} \\ \text{فترة الأمان} &= ٩ \text{ أسابيع} \\ \text{معدل التفريغ الأسبوعى} &= ٩ \div ٩٠٠٠ = ١٠٠٠ \text{ لتر} \\ \text{معدل التفريغ اليومى} &= ٧ \div ١٠٠٠ = ١٤٣ \text{ لتر} \\ \text{معدل التفريغ فى الساعة} &= ٢٤ \div ١٤٣ = ٦ \text{ لتر} \\ \text{معدل التفريغ اللازم بالترات فى الدقيقة} &= \frac{٦}{٦٠} = ٠,١ \text{ لتر} \end{aligned}$$

ويضاف أنبوبة إمداد إضافية إلى أنبوبة التدفق للمنشأة فى مكان مناسب مع وضع مشبك قلاووظ على أنبوبة الإمداد . ويضبط هذا المشبك بحيث تغطى الأنبوبة ١ لتر فى الدقيقة . وتصب الأنبوبة فى إناء محدد بخط يشير إلى حجم ١٤٣ لتر . ويفرغ هذا الإناء يوميا ويملا كاختبار أن معدل التفريغ من الأنبوبة لم يتغير حيث أن أى انسداد جزئى يقلل معدل التدفق .

وعند عدم استخدام أسلوب الاستنزاف واتباع نظام الضخ مرة كل ٩ أسابيع فيجب العناية والتدريب على عملية التفريغ لتجنب التأثير المفاجئ . لانخفاض درجة حرارة الماء التدفق على جذور النباتات . ففى بعض المحاصيل مثل الخيار ، يؤدى الانخفاض المفاجئ فى درجة الحرارة لمنطقة الجذور إلى ذبول النباتات .

وأفضل ما ينصح به للأقلمة هو تحديد أقل حجم من المحلول الذى يكفل استمرار الضخ ودوران المحلول . فلنفرض أن هذا الحجم فى هذا المثال هو

١٠٠٠ لتر أى أنه بدون إيقاف دوران المحلول يمكن سحب ٨٠٠٠ لتر من ٩٠٠٠ من النظام . وعلى ذلك يجب أن يتم السحب بعد ٨ أسابيع وليس ٩ أسابيع لأنه ^٩ المحلول فقط هو الذى يسحب . فإذا تم ضخ ٨٠٠٠ لتر فى آخر ٩

النهار وأعيد ملء النظام خلال الليل عن طريق صمام الطفو فى الخزان الجامع فإن الأثر الضار لتغير درجة الحرارة سوف يقل فلا يحدث للخيار ذبول .

وإذا لم تتبع هذه الطريقة ووجد أن الأفضل هو تغير كل المحلول فى النظام خلال النهار فيجب تدفئة الماء المستعمل فى ملء النظام إلى درجة حرارة مشابهة لدرجة حرارة المحلول الدائر القديم ما لم يكون المحصول المستخدم مقاوما لتغير درجة حرارة منطقة الجذور نهارا .

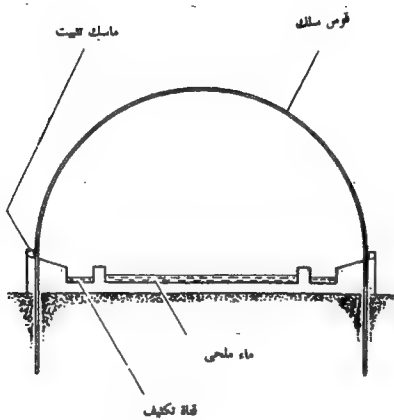
وفى كثير من الأحيان يكون من الضرورى إزالة المواد غير المرغوبة فى الماء قبل استعماله فى نظام الـ NFT ، أى يجب استخدام أى طريقة لتنقية الماء المستخدم . ويمكن الحصول على ماء نقى كما يلى :

١ - تحلية الماء الملحي

يقصد بهذه العملية التخلص من الأملاح المذابة فى الماء . والطريقة الأساسية فى ذلك هى التسخين واستقبال البخار الناتج فى مكثف حيث يتكثف البخار إلى قطرات من الماء خالية من الأملاح .

وهذه الطريقة مستخدمة فعلا خصوصا فى السفن غير أنها مكلفة لاستخدامها الطاقة البترولية أو الكهربائية ولذلك اتجهت الجهود إلى استخدام مصادر أخرى للطاقة الرخيصة مثل الطاقة الشمسية حتى يمكن استخدام الماء الناتج من عملية التقطير فى الزراعة .

وتوجد عدة طرق لإزالة المواد المذابة من الماء الملحي . وأبسط هذه الطرق هو استخدام الطاقة الشمسية . ويوضح شكل رقم ٢٣ جهاز التقطير الشمسى . ففى قاعدة الجهاز قناة مركزية عريضة تملأ بالماء الملحي . وقوس



شكل رقم (٢٣) - مقطع شمسي

من السلك القوي يثبت في الأرض على مسافات من خلال فتحات في الحوائط الجانبية للقاعدة . وشريحة من غشاء البوليثين من النوع الذى لا يتلف سريعا بالأشعة فوق البنفسجية الموجودة في أشعة الشمس (بوليثين مانع للأشعة فوق البنفسجية) يثبت فوق الأقواس وتثبت أطرافه على الحوائط الجانبية للقاعدة . وعندما تسطح الشمس فإن الماء يتبخر من الماء الملحي ويتكثف على السطح الداخلى لغشاء البوليثين الذى سبق معاملته بحيث يسمح توتره السطحي بالأتصق قطرات الماء المتكثف بغشاء البوليثين (هذه القطرات تقلل نفاذية أشعة الشمس) بل تجري بسرعة على جانبي الغشاء من الداخل وتتجمع في قنوات التكثيف في القاعدة . وهذه المياه المتكثفة تجري في القنوات إلى أنبوبة تجمع توصل الماء إلى خزان كبير . وميزة التقطير الشمسي هي أنه بسيط وأن الطاقة المستخدمة — الطاقة الشمسية — غير مكلفة . أما عيبها فهو أن انتاجها من الماء المقطر منخفض . وزيادة المقدار المقطر من الماء تقتضى استخدام مصادر أخرى من الطاقة مثل البترول .

وتوجد وحدات تقطير كهربائية تنتج ٥٠٠ متر مكعب من الماء في اليوم وتستهلك حوالى ١٦ كيلو وات ساعة لانتاج ١ متر مكعب من الماء (حوالى ٤ كيلو جرام من زيت الديزل حيث تنتج الطاقة من مولد ديزل) . والفكرة الأساسية لهذه الطريقة هي توليد ضغط منخفض يؤدي إلى تبخر الماء عند درجة حرارة أقل من ٥٥°م ويجمع الماء المتكثف .

ويمكن أن تستعمل عملية التقطير لتحلية أى نوع من الماء بما في ذلك ماء البحر الذى يحوى على حوالى ٣٢٦٠٠ جزء في المليون من المواد الذائبة . بما فيها العناصر الموضحة في جدول ١٧ بالإضافة إلى كميات قليلة من عناصر كثيرة أخرى .

جدول رقم ١٧ : التركيزات التقريبية للعناصر الأساسية
في ماء البحر

التركيز (جزء في المليون)	العنصر
,٥	نيتروجين
,٠٥	فوسفور
٣٨٠,-	بوتاسيوم
٤٠٠,-	كالسيوم
١٢٧٠,-	مغنسيوم
,٠١	حديد
,٠٠٥	منجنيز
٤,٦	بورون
,٠٤	نحاس
,٠٠١	موليبدينم
,٠١	زنك
١٠,٥٦٠	صوديوم
١٨,٩٨٠	كلوريد
٨٨٤,-	كبريت
٦٥,-	برومين
١٣,-	سترنتيوم
٣,-	سليكون
١,-	ألومنيوم
١,٤	فلورين
,٠٥	ايودين

كما تستخدم طريقة أخرى لتحلية الماء معتمدة على الظاهرة الأسموزية .
 فعندما يوضع غشاء شبه منفذ (يسمح بمرور المذيب ولا يسمح بمرور المواد
 المذابة) بين محلولين مختلفي التركيز ، يمر الماء (المذيب) خلال الغشاء من
 التركيز المنخفض إلى جانب التركيز المرتفع حتى يتعادل التركيز على جانبي
 الغشاء . ويوجد فرق في الضغط على جانبي الغشاء طالما كان التركيز مختلفا .
 وتتوقف قيمة هذا الضغط الذي يعرف باسم الضغط الأسموزي على الفرق في
 التركيز بين المحلولين في الجانبين . فإذا زيد الضغط على جانب الغشاء ذي
 التركيز العالي والذي يكون أكبر من الضغط الأسموزي ، يتحرك الماء في الاتجاه
 المعاكس أي من التركيز الأعلى إلى التركيز المنخفض . ولأن هذا الضغط
 البذول يعكس الحركة الأسموزية العادية عبر الغشاء اطلق على العملية
 « الأسموزية العكسية Reverse Osmosis » . ومادة الغشاء التي تستعمل عادة
 إما أن تكون غلات السيلولوز أو أن تكون من النايلون المعروف بأنه
 Polyamide

وتنتج كل من طريقة التقطير وطريقة الأسموزية العكسية ناتجين سائلين . إذ
 تعطى طريقة التقطير ماء نقياً وناتج آخر هو محلول ملحي مركز . وفي طريقة
 الأسموزية العكسية يوجد ناتج من الماء منزوع الأملاح منه جزئياً (يعرف بأنه
 متخلل Permeate) يحتوي على ٥ إلى ١٠ ٪ من تركيز الأملاح في الماء الداخِل
 (الأصل) وناتج آخر من الماء عالي التركيز يعرف « بالمركز » .

وتستخدم عملية نزع الأيونات من الماء أيضاً في تحلية الماء . ففي عملية
 التقطير يزال الماء من المواد المذابة أما في طريقة نزع الأيونات فإن المواد المذابة
 هي التي تزال من الماء . وهذا يتم باستخدام أعمدة تحتوي وانتجات قادرة على
 ادمصاص^(١) الأيونات.. ويوجد نوعان من هذه الأعمدة . النوع الأول يحتوي
 راتنجات مشبعة بأيونات الهيدروجين ($H^+ Re^-$) والنوع الثاني من الأعمدة
 يحتوي راتنجات مشبعة بأيونات الهيدروكسيل ($OH^- Re^+$) . فإذا اخترى
 الماء على تسيل اللثال على كمية كبيرة من كلوريد الصوديوم ($NaCl$) فإن الماء
 (١) لإدمصاص الأيونات هو ارتباطها بسطح الجسم اللامس فلا تحرك مع الماء .

يمرر أولاً خلال عمود الهيدروجين الذى يمسك بأيونات الصوديوم بدلاً من أيونات الهيدروجين التى تنفصل عن سطح المادة الماصة ثم بعد ذلك يمرر الماء خلال عمود الهيدروكسيل الذى يحتفظ بالكلوريد بدلاً من الهيدروكسيل ، أى ينتقل كلوريد الصوديوم — بشقيه — من الماء إلى الأعمدة بالتبادل الأيونى . وبذا يتخلص الماء من كلوريد الصوديوم أما الهيدروجين والهيدروكسيل فيكونان ماء كما يتبين ذلك من المعادلات الآتية :



وأيونات الكلوريد سوف يحل محلها أيونات الهيدروكسيل كما فى المعادلة التالية :

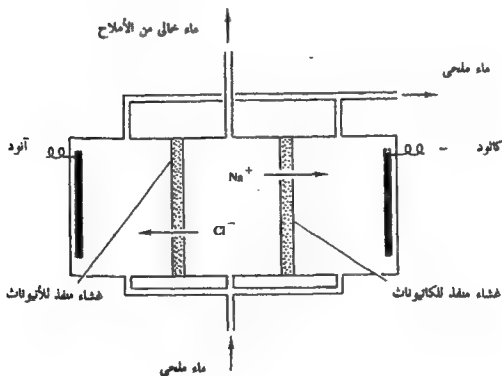


والهيدروجين والهيدروكسيل يتحدان مع بعضهما لتكوين الماء كما يتضح من المعادلة :



وعند شغل جميع مواقع الهيدروجين والهيدروكسيل على سطوح راتنجات كل من العامودين تقف عملية التحلية وفى هذه الحالة يقال أن العمود أصبح منهك exhausted . ويمكن تنشيطه مرة أخرى بإمرار محلول متوسط التركيز من حامض أو قلوى خلال العمود المناسب . وهذا سوف يزيل الصوديوم وأى كاتيون آخر من أحد العمودين والكلوريد وأى أنيون آخر من العمود الثانى وإحلال الهيدروجين والهيدروكسيل محلها على الترتيب . وبذلك يمكن إمرار الماء للتحلية على الأعمدة مرة أخرى وهكذا . وجهاز التبادل الأيونى ينتج نحو ٩٠٠ لتر فى الساعة . وتكاليف عملية التحلية تتناسب مباشرة مع تركيز المواد المذابة فى الماء ، ومن الممكن إجراء هذه الطريقة إذا كان تركيز المواد المذابة أقل من ٨٠٠ جزء فى المليون .

وهناك طريقة أخرى لتحلية المياه وهي طريقة الانحلال الكهربائي . ويقتصد بها فصل المواد المذابة في المحلول الذي يستخدم فيها غشاء « اختياري » يسمح بمرور نوع واحد من المذاب خلاله ولا يسمح لنوع آخر . والانحلال الكهربائي هو الظاهرة التي تحدث عندما يمر تيار كهربائي خلال محلول مائي . والموصل الذي يغمر في المحلول والذي يوصل التيار الكهربائي في المحلول يعرف باسم الأنود Anode والموصل الذي يحمل التيار خارج المحلول يعرف باسم الكاثود Cathode . والمحلول (الأليكترولايت) يحمل التيار الكهربائي من الأنود إلى الكاثود . فعندما يمر التيار تتحرك الأيونات ذات الشحنة الموجبة خلال الماء إلى الكاثود وتنتج الأيونات سالبة الشحنة إلى الأنود .



شكل رقم (٢٤) - وحدة المحلل الكهربائي لتحلية المياه

ويُعتبر اصطلاح اليكترودياليزس Electrodialysis أو الانحلال الكهربائي عن عمليتي توصيل التيار الكهربائي وانتقال الأيونات ذات الشحنات الموجبة والسالبة . وقد أمكن استخدام هذه الظاهرة في تحلية المياه كما هو موضح بشكل رقم ٢٤ . فللماء الملحي يدخل إلى خزان التحلية وهو عبارة عن خلية كهربائية ذات أنود وكاثود في طرفي الخزان . وينقسم الخزان إلى ثلاثة أجزاء بغشائين لها خاصية مرور اختيارية للأيونات ، أحدهما منفذ للأيونات والآخر منفذ للكاتيونات . وعندما يمر التيار الكهربائي تتحرك الكاتيونات إلى الكاثود وأنيونات تتحرك إلى الأنود (كما هو موضح بالشكل بالصوديوم والكلوريد على الترتيب) . ويترك الماء الخالي من الأملاح في القسم الأوسط من الخزان نتيجة لوجود الغشائين .

ويتضح مما سبق أنه يمكن تحلية الماء إما بالتقطير أو بعكس الاسموزية أو بنزع الأيونات باستخدام مواد تبادلية أو بالانحلال الكهربائي . ويتحدد اختيار الطريقة التي تستخدم في نظام الغشاء المغذي بالمناطق التي يكون فيها تحلية الماء أمراً ضرورياً نتيجة الظروف الاقتصادية السائدة في المنطقة ولو أنه توجد عوامل تقنية أخرى مثل درجة ملوحة الماء الملحي ومعدل التدفق المطلوب من الماء العذب تؤثر أيضاً على اختيار الطريقة .

٢ - تجميع ماء المطر

تعتبر الوحدات الكبيرة من الصوب وسيلة هامة لتجميع الأمطار . فسطح الصوبة يوفر مساحة تجميع كبيرة لجمع ماء المطر عليها ويمكن بسهولة توجيهه إلى خزان .

وأبسط طريقة لعمل الخزان هو حفر حفرة كبيرة على هيئة مستطيل في الأرض ووضع ناتج الحفر على جانبي الحفرة لعمل جدار مائل بنسبة ٣ : ١ . ويجب أن يجهز الخزان بقشاء بوليثين أسود بسبك ٢٥، مم لمنع نفاذ الماء . ومعروف أن البوليثين مأمون ولا يسبب أى آثار سامة للمحاصيل المزروعة

بنظام الغشاء المغذى . ويفضل الغشاء الأسود عن الشفاف لأن الشفاف أقل مقاومة للتحلل والتلف بواسطة الأشعة فوق البنفسجية من ضوء الشمس . وتوضع شرائح البلاستيك بعد تنعيم القاع والجدران وتثبت في مكانها عند حركة الرياح بأكياس من البوليثين مملوءة بالرمل أو التربة . وبعد ذلك تمازج أى تقوب بشرائح لاصقة . ويفطى البوليثين الذى على قاع الخزان بالرمل أو التربة بمسك ٥ سم . كما تغطى الجوانب المائلة بطبقة عمقها حوالى ٢٥ سم .

والمياه المخزنة في هذا الخزان عذبة ومن أفضل ما يستخدم في الزراعة بتقنيات الغشاء المغذى . ويمكن عمل هذه الخزانات لتجميع مياه الأمطار وتخزينها لاستخدامها في الزراعة بنظام الغشاء المغذى بدون استخدام الصوب متى توفر أى سطح جامع Catchment Surface .

ضبط التوصيل الكهربائي

تحتاج أغلب الحاصلات النامية في نظم الغشاء المغذى للحلول مغذ لا يقل توصيله CF عن ٢٠ . وإذا كان ضبط الـ CF للمحلول يدويا فيجب قياسه يوميا . فالمحصول يستنفذ العناصر من المحلول المغذى وبالتالي ينخفض توصيله الكهربائي . وعندما ينخفض الـ CF عن ٢٠ يجب إضافة كمية كافية من العناصر المغذية للمحلول لرفع الـ CF إلى قيمة تقترب من ٣٠ . ويمكن إضافة هذه العناصر للمحلول في صورة صلبة أو كمحلول مركز . أما إذا استخدم جهاز تحكم أوتوماتيكي فإن الجهاز سوف يظهر باستمرار التوصيل الكهربائي ويقوم أوتوماتيكيا - بحسن المحلول المركز للحفاظ على قراءة التوصيل الكهربائي للمحلول المغذى كما سجلت في جهاز التحكم . ولأغلب نظم الغشاء المغذى فإن هذه القيمة (CF) يجب أن تكون ٢٥ (٢,٥ ملليموز أو ٢٥٠٠ ميكروموز) . وقد أوضحت الاختبارات إمكانية الاعتماد على ضبط رقم الـ CF أوتوماتيكيا .

التحكم الأوتوماتيكي لـ pH و CF المحلول المغذى

يوجد أنظمة تحكم تجارية متاحة لتقنية الغشاء المغذى فتقلد باستمرار رقم الـ pH و CF المحلول وتحقق أوتوماتيكيا الحامض والعناصر في المحلول الغذائي الدائر لتوصيل الـ pH و CF إلى القيم التي تم ضبط جهاز التحكم عليها . ويوضع الجبس الذي يقيس الـ pH والجبس الآخر الذي يقيس الـ CF في المحلول الغذائي الدائر . فترصدان باستمرار قيمتي pH و CF للمحلول ويرسلان تيارا كهربائيا يتناسب مع قيم كل من pH و CF ، المحلول إلى لوحة جهاز التحكم حيث يوجد مقياس كل من الـ pH و CF . فتعطي هذه المقاييس قيمتين مرتين لـ pH و CF المحلول الدائر الغذائي . كما يتضح أيضا على لوحة التحكم قيمي الـ pH ، CF ، المرغوبتين (٦ ، ٢٥ على الترتيب) . ويحسن الحامض أو القاعدة والعناصر الغذائية أوتوماتيكيا في المحلول استجابة للمجسات للوصول إلى القيم المطلوبة .

والتحكم الذاتي الكامل مكلف غير أن أجهزة التحكم نصف الذاتية أرخص ثمتا . وفي هذه التحكمات نصف الذاتية يكون معدل الحقن ثابتا . ويحدد معدل الحقن يدويا بالضبط الدقيق . ويحدد المعدل المطلوب يدويا بقياس الـ pH ، CF وعمل ضبط لمعدل الحقن حتى نحصل على قيم الـ pH و CF المرغوبة تقريبا . ومن الضروري التأكد من أن خزانات امداد الحامض والمحول الغذائى المركز الأصيل مملوءه بحجم مناسب . ويضبط جهاز التحكم نصف الذاتي بحيث يعمل كل ٢٤ ساعة ولو أنه قد يضاف إليه كرونومتر يُشغل الجهاز كل ساعة لنضمن ضبطا دقيقا ، وبذلك يمكن وضع برنامج بحيث يعمل جهاز التحكم لمدة خمس دقائق كل ٢٤ دقيقة خلال ساعات الضوء (النهار) فقط وكذا يمكن أن يضبط معدل الحقن ليم خلال مدة الخمس دقائق بحيث لا يتلف المحصول إذا لم يكن صمام السولينويد محكما .

ومن الأهمية بمكان الا يسمح بأن ترتفع قيمة pH المحلول عن ٦,٥ حتى لو كان ذلك لفترة قصيرة سواء استخدمنا الطريقة اليدوية أو الأتوماتيكية أو نصف الأتوماتيكية . ولقد اختير G. Beniers بوزارة الزراعة في شمال ايرلندا تأثير الـ pH على الترسيب في المحلول المستخدم لتغذية الطماطم فوجد أن الترسيب يبدأ عند pH ٦,٩ . وعند pH ٧,٤ حدث فقد لبعض الكالسيوم والنيوسفور . ولو أن هذا لم يكن كافيا للإضرار بالمحصول . كما حدث أيضا نقص واضح في الحديد من ١٢ إلى ٢,٥ جزء في المليون وفي المنجنيز من ٢,٢ إلى ٠,٤ جزء في المليون . وعموما يجب تجنب ارتفاع في الـ pH فوق ٦,٥ .

دوران المحلول المغذى

من الضروري أن يكون المحلول في حالة دوران باستمرار ، ويمكن وضع مفتاح ضغط قرب نهاية أنبوبة توصيل المحلول أى بعيدا عن المضخة فإذا انخفض الضغط في الأنبوبة نتيجة لعدم دوران المحلول أدى ذلك إلى تشغيل جرس للتنبيه ، ويمكن أيضا أن يقوم مفتاح الضغط بتشغيل تسجيل تليفونى للانذار .
وعدم دوران المحلول يمكن أن يحدث نتيجة الآتى :

١ — التصاق الصمام العالم الذى يسمح بدخول المحلول ليعوض المحلول الخارج من الخزان في وضع مغلق ، ويستمر النبات في التنح من خلال أوراقه حتى يخلو الجهاز من الماء ، ويمكن ملاحظة أن لون النباتات النامية تحت هذه الظروف يتحول إلى الأخضر الغامق مثل تلك النامية في ظروف ملحية .

٢ — وتوقف دوران المحلول يمكن أن يحدث أيضا نتيجة انسداد أو ثقب في السمكرة ويتوقف الضرر الناتج على موقع التلف ، وإذا كان مفتاح الضغط قرب نهاية أنبوبة المحلول فإنه يشغل جرس التنبيه بصرف النظر عن موقع العيب .

٣ — تعطل المضخة ، ووضع مفتاح الضغط في أنبوبة المحلول يعطى تنبها مبكرا لعطل المضخة . وتجهيز النظام بمضختين أحدهما شغالة والأخرى احتياطية تعمل ذاتيا بمجرد تعطل الأخرى أمر ضرورى ، ويحسن وجود مفتاح يوقف المضخة الشغالة ويشغل الاحتياطية بالتبادل أسبوعيا حتى تضمن أن المضخة الاحتياطية تكون في حالة صالحة للعمل ويحتفظ بمضخة ثالثة بالمخزن لتحل محل المضخة المعطلة .

٤ — انقطاع التيار الكهربائى ، ومن الضروري أن يحتفظ بمولد احتياطى يعمل ذاتيا (أوتوماتيكى) بمجرد انقطاع التيار مع نظام لتشغيل جهاز التنبيه ، وفي حالة معدل تدفق للمحلول لا يزيد عن ٥ لتر/ دقيقة يمكن الاعتماد على مضخة احتياطية تعمل ببطارية ١٢ فولت واستهلاك ١,٥ أمبير ويمكن تجهيز

خزان الحلول بفتحاح يقوم بتشغيل هذه المضخة مباشرة بمجرد انقطاع التيار ،
واذا وصلت البطارية بجهاز شحن ضمن ذلك وجود طاقة لتشغيل المضخة في
حالات انقطاع التيار .

تتأثر حرارة الجو بمنطقة ما بعدد من العوامل :

— خط عرض المنطقة ، فالمنطقة الإستوائية لا تحتاج الى تدفئة — بوجه
عام — بينا المناطق الشمالية أو الجنوبية يمكن أن تحتاج الى تدفئة كلما بعدت
المنطقة عن خط الاستواء .

— ارتفاع المنطقة ، فكلما ارتفعت انخفضت درجة الحرارة .

— وقوع المنطقة على شاطئ البحر ، فهبوب الرياح (نسيم البر والبحر)
يعمل على خفض درجة الحرارة ، وتقليل الفرق بين درجات حرارة الليل
والنهار ، بعكس الظروف القارية التي تتميز بالفروق الكبيرة بين درجات
حرارة الفصول وحرارة الليل والنهار .

— طبوغرافية المنطقة ، مثل وجود مرتفعات تحميها من الرياح الباردة أو
تعكس إليها حرارة الشمس .

— سرعة الرياح واتجاهها .

— طول فترة سطوع الشمس .

وعندما يتعرض النبات لمصدر حرارى يحدث للأشعة الحرارية واحدة أو
أكثر من العمليات الآتية : الإنعكاس ، الحمل ، الامتصاص ، التوصيل وإعادة
الأشعاع أو تستخدم في تبخير الماء (يحتاج كل ١ جم من الماء إلى ٥٠٠
كالورى ليتبخر) .

ومن الواضح أن امتصاص النبات للحرارة يرفع درجة حرارته حتى يصل
الى حالة الاتزان وتصبح درجة حرارة النبات الجديدة أعلى مما كانت ، ويحدد
هذه الدرجة الجديدة مايقاى :

— مقدار الطاقة الحرارية التي يعيد النبات اشعاعها ، ويتوقف هذا المقدار
على الفرق بين درجتى حرارة النبات والهواء والأشياء المحيطة به .

— فقد النبات للحرارة نتيجة عمليتي التوصيل والحمل ، وذلك بمرور تيار من الهواء على سطح الأوراق الدافئة ، وكلما زادت حركة الهواء زاد أيضا توصيل الحرارة ونقلها حتى تقترب درجة حرارة النبات من درجة حرارة الهواء . وإذا كانت درجة حرارة الهواء أعلى من درجة حرارة النبات ينعكس إتجاه سريان الحرارة ويصبح من الهواء الى النبات لترتفع درجة حرارته .

— تعتبر الطاقة الحرارية المستخدمة في عمليات التخليق الضوئي الكيميائي مثل التمثيل الكلوروفيلي ، ضئيلة ويمكن إهمالها عند حساب ميزان الطاقة في الحاصلات النامية .

— يستخدم نحو ٧٠٪-٩٠٪ من مقدار الحرارة الذي يمتصه النبات من أشعة الشمس في تبخير الماء منه .

تتأثر درجة حرارة النبات عند الوصول الى حالة الاتزان بقدرة النبات على اختزان الحرارة ، ولذا فإن درجة الحرارة في الأوراق الرقيقة تتغير أسرع من تغيرها في الأوراق السمكية أو البراعم الزهرية أو أعضاء التخزين عندما يحدث تغير في درجة حرارة البيئة المحيطة بالنبات .

وتؤثر الحرارة في جميع العمليات الفسيولوجية والكيميائية التي تحدث بالنباتات ، وفي مدى الحرارة المحددة الذي تنمو فيه النباتات تتضاعف العمليات الكيميائية كل ١٠°م درجة مئوية ترفعها درجات الحرارة . ويتزايد معدل التنفس والتمثيل الكلوروفيلي بصفة مستمرة بارتفاع درجات الحرارة ، ولو أن مقدار ثاني أكسيد الكربون الموجود والطاقة الضوئية هما المحددان للتمثيل الكلوروفيلي وليس درجة الحرارة . وباعتبار أن التنفس هو استهلاك لمنتجات التمثيل الضوئي فارتفاع درجة الحرارة الذي يزيد التنفس قد يؤدي الى نقص محتوى النبات من السكر وضعف النبات .

وزيادة معدل التمثيل الضوئي عن معدل التنفس تؤدي الى النمو ، أما اذا تساويا — التمثيل الضوئي والتنفس — يتوقف النمو . ويضعف النبات وقد يموت بمضي الوقت إذا زاد معدل التنفس عن التمثيل الكلوروفيلي . ولضمان تفوق التمثيل الضوئي على التنفس تنمي النباتات في وسيط يميل الى البرودة ليلا لخفض التنفس وإلى الحرارة نهارا لتشجيع التمثيل الضوئي .

وفي حالة وجود قنوات الغشاء المغذى في داخل الصوبة تضبط درجة حرارة الصوبة بحيث تزيد $5-10^{\circ}\text{C}$ في النهار عنها في الليل في الأيام الغائمة ونحو 10°C في الأيام الصحو ، وإذا حقن ثاني اوكسيد الكربون فيحسن أن تزداد درجة حرارة النهار عن الليل بنحو 5°C درجات اخرى .

وتؤثر الحرارة على عملية النتج ، فارتفاع درجة حرارة الورقة يزيد ضغط بخار الماء داخلها ، فإذا ظل ضغط بخار الماء خارج الورقة دون زيادة يسرع معدل النتج ، وبرودة المحلول المغذى تبطئ امتصاص الماء ونمو الجذور وقد يتوقف نمو النبات بصرف النظر عن درجة حرارة الهواء .

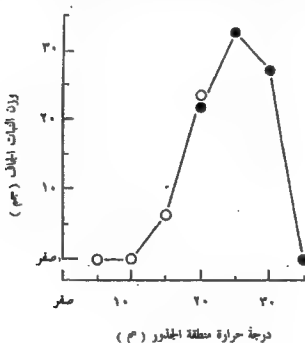
وتؤثر درجة الحرارة على استطالة النبات ، ففي درجة 20°C ليلا يستطيل الجذر بمقدار ١٥ مم /يوم بينما تكون استطالة الساق ٢٥ مم /يوم .

حرارة المحلول المغذى الدائر

للزراعة بنظام ال NFT ميزة هامة وهي أنها توفر الوسيلة لانتاج محاصيل على نطاق كبير للتحكم في بيئة الجذور بدقة أكثر مما هو موجود في الزراعة العادية . وقد أمكن التحكم بنظام الغشاء المغذى في درجة حرارة منطقة الجذور . ففي الزراعة العادية تقبل حرارة التربة السائلة كما هي فلا نستطيع عمل شيء كثير للتأثير عليها ، أما في نظام الغشاء المغذى فيمكن التحكم فيها عن طريق التحكم في درجة حرارة الماء الدائر . وتكاليف هذه السيطرة هي العامل الأساسي .

وللدراسة استجابة النبات لحرارة المحلول ، استخدم كوبر غرف نمو ذات بيئة محكمة وهواء درجة حرارته 20°C للدراسة تأثير حرارة المحلول الدائر على نمو نباتات الطماطم الصغيرة في تجربتين . في التجربة الأولى كانت درجة حرارة المحلول ٥ ، ١٠ ، ١٥ ، ٢٠ ، ٢٥ ، ٣٠ ، ٣٥ $^{\circ}\text{C}$. وقدر نمو النباتات الثانية كانت درجات الحرارة ٢٠ ، ٢٥ ، ٣٠ ، ٣٥ $^{\circ}\text{C}$. وفي شكل النباتات بوزنه الجاف بعد فترات زمنية عرفت . والنتائج موضحة في شكل رقم ٢٥ . وكانت درجة الحرارة 20°C للمحلول مشتركة في التجريتين ، ويتضح من شكل رقم ٢٥ أن دقة التجربة كافية ، ولذلك أمكن دمج نتائج

التجربتين في منحنى استجابة واحد يوضح التغير في درجة الحرارة من ٥ الى ٣٥° م . وكانت درجة الحرارة المثلى لمنطقة الجذور بين ٢٥ و ٣٠° م . ومن منحنى الاستجابة يتضح أنه من المحتمل أن الدرجة المثلى كانت بين ٢٦ ، ٢٧° م . ولمعرفة ما اذا كانت لدرجة حرارة المحلول أثر على امتصاص العناصر ، قدر محتوى النبات من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم وكان أعلى امتصاص Uptake متوافقا مع أعظم نمو حدث عند ٢٥° م . ولكن هذا لا يثبت أن الزيادة في النمو ترجع الى زيادة الكمية الممتصة ، ولكن الزيادة في الكمية الممتصة من العناصر قد تكون نتيجة لزيادة النمو . ولأجل تحديد ما اذا كان التأثير على امتصاص العناصر مستقلا عن التأثير على معدل النمو فقد تم تقدير نسبة النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم في النباتات والنتائج موضحة في جدول رقم ١٨ . ويمكن أن نرى من جدول رقم ١٨ أن منحنى النمو في شكل رقم ٢٥ لا يمكن تفسيره على أساس تركيز العناصر في أنسجة النبات . فلا يوجد علاقة بين حرارة منطقة الجذور ومحتوى النيتروجين . إذ كانت نسبة النيتروجين ٤٪ بصرف النظر عن درجة حرارة منطقة الجذور . وقد يكون



شكل رقم (٢٥) : العلاقة بين نمو النبات وحرارة منطقة الجذور

الانخفاض المحسوس في النمو عند ١٥°م راجعا الى الانخفاض في محتوى البوتاسيوم والفوسفور عند هذه الدرجة المنخفضة . ومع ذلك فإن شكل منحنى الإستجابة أعلى من ١٥°م في شكل رقم ٢٥ لا يمكن ارتباطه بالفرق في نسبة الفوسفور والبوتاسيوم في أنسجة النبات لأنه من جدول رقم ١٨ يمكن أن نرى أنه لا يوجد فرق حقيقى . وكان لحرارة منطقة الجنور تأثير قليل على نسبة الفوسفور والبوتاسيوم في النبات بين درجتى حرارة ٢٠ ، ٣٠°م .

وبسبب عدم القدرة عمليا على التحكم في حرارة منطقة الجنور في الزراعة العادية لم نحدد الحرارة المثلى لكثير من المحاصيل . وأغلب المحاصيل التى عرفت درجة الحرارة المثلى لنمو جنورها من معرفة أوزان نموها الخضري بدون الجنور موضح في جدول رقم ١٩ . ويمكن أن نرى أن كل درجات الحرارة المثلى لمنطقة الجنور تكون بين ٢٠ ، ٣٠°م . فعند زراعة محصول لا تعرف درجة الحرارة المثلى لمنطقة جنوره ، يمكن اعتبار أن هذه الدرجة المثلى ٢٥°م كافتراض أولى معقول .

ونحن لا نعرف كثيرا عما اذا كان من الضروري أن تثبت درجة حرارة منطقة الجنور ليلا ونهارا أو أن حرارة الليل يجب أن تختلف عن حرارة النهار . وقد قام كوبر Cooper بتتبع نباتات الطماطم في محلول غذائى دائر في بيئة متحكم فيها وعند درجة حرارة ثابتة (٢٠°م) في النهار والليل على أساس ١٢ ساعة نهارا و ١٢ ساعة ليل . وكان درجات الحرارة في منطقة الجنور هى :

(١) ٣٠°م في النهار و ١٥°م في الليل .

(٢) ١٥°م في النهار و ٣٠°م في الليل .

(٣) ٢٢,٥°م في النهار والليل .

وأعيدت التجربة مع محلول غذائى دائر عند درجات الحرارة التالية :

(١) ٣٠°م في النهار و ١٠°م في الليل .

(٢) ١٠°م في النهار و ٣٠°م في الليل .

(٣) ٢٠°م في النهار والليل .

جدول رقم ١٨ : علاقة محتوى النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم
في أنسجة نبات الطماطم بدرجة حرارة اضلول الدوائر

درجة حرارة منطقة الجذور (م °)	نسبة النيتروجين	نسبة الفوسفور	نسبة البوتاسيوم
١٥	٣٫٨	٥٢ر	٤٠
٢٠	٤٫٤	٧٧ر	٤٨
٢٥	٣٫٨	٧١ر	٤٦
٣٠	٤٫١	٧٠ر	٤٩

جدول رقم ١٩ : درجة حرارة منطقة الجذور المثل (م °)
لبعض الااصيل

درجة الحرارة (م °)	المحصول	درجة الحرارة (م °)	المحصول
١٩	الورد البلى	٢٥	فول الصويا
٢٠	الشمير	٢٥	الفول الرومى
٢١	الجواويل	٢٧	الطماطم
٢٢	البلة	٢٨	الدعان
٢٥	القراولة	٢٨	الأرز
٢٥	الكمان	٢٩	المغفار
٢٥	القاصوليا	٣٠	النرة

وبعد فترات زمنية محددة قد قيم التأثير على نمو النبات بتقدير الوزن الجاف للنبات . والنتائج موضحة في جدول رقم ٢٠ . ويتضح من الجدول أنه عندما ترتفع درجة حرارة منطقة الجذور خلال الليل عنها خلال النهار ينقص النمو . وبارتفاع حرارة النهار عن حرارة الليل يقل التأثير بالمقارنة بالحرارة الثابتة . فمثلا عندما كانت الحرارة (١٠ ، ٣٠) و (٢٠ ، ٢٠) كان الوزن الجاف للنبات ١١ ، ١٢ جرام على الترتيب بينما الدرجات (٣٠ ، ١٥) و (٢٢,٥ ، ٢٢,٥) أعطت وزنا جافا ٢٤ ، ٢٢ جرام على الترتيب . وعلى ذلك فيمكن القول إن حرارة المحلول الدائر يجب أن تحفظ متساوية خلال النهار والليل وتكون قريبة من درجة الحرارة المثلى لحرارة منطقة الجذور .

جدول رقم (٢٠) تأثير تغيرات درجة حرارة المحلول الدائر خلال الليل والنهار على وزن النبات الجاف

وزن النبات الجاف (جم)	درجة حرارة الليل (م)	درجة حرارة النهار (م)
٢٤	١٥	٣٠
١٨	٣٠	١٥
٢٢	٢٢,٥	٢٢,٥
١١	١٠	—
٦	٣٠	١٠
١٢	٢٠	٢٠

درجات الحرارة المثلى :

كثيرا ما يتردد أن لكل نبات درجة حرارة مثلى اذا زادت درجة حرارة الجو عنها او نقصت تأثر المحصول وأدى ذلك الى تكوين جداول توضح هذه الدرجات المثلى لمختلف النباتات (جدول ٢١) .

ونوجه النظر الى النقاط الآتية :

— تحتاج أغلب النباتات الى درجات حرارة فى النهار تختلف عنها فى الليل وقد سبق أن أوضحنا ذلك ، على أن النباتات الاستوائية تتميز بنمو أفضل فى درجات حرارة لا تختلف فى الليل عنها فى النهار .

— تختلف درجات الحرارة « المثلى » باختلاف فصول السنة واختلاف المواقع .

— تختلف هذه الدرجات أيضا باختلاف طور نمو النبات وعمره .

— لكل عملية نمو مثل النبات وتكوين الجنور أو ظهور الأوراق أو تكون الأبصال .. درجة حرارة مثلى خاصة بها .

— تختلف هذه الدرجات أيضا حسب الهدف الذى يرغب الزارع فى تحقيقه .

ولما كان جدول ٢١ يحتوى بعض نباتات الزينة والخضر نتيجة دراسات فى ظروف تختلف عن الظروف المصرية رأينا أن نستكمل هذا الموضوع من دراسات بعض الباحثين المصريين ، لبعض الحاصلات المصرية كما يلى :

الخيار (١) قمر (١٩٨٧)

درجات الحرارة والرطوبة الواجب توافرها بالصوب البلاستيكية أثناء نمو الخيار :

فترة النمو	نهرا مشمس م°	غائم م°	ليلا م°	رطوبة %	رطوبة التربة
من شتل حتى الأزهار	٢٢-٢٥	٢٠-٢٢	١٥-١٨	٨٠-٩٠	٧٠-٨٠
من العقد وتكوين الثمار	٢٤-٢٦	٢٥-٢٤	١٥-١٨	٨٠-٩٠	٩٠

الحرارة الملائمة حتى الأنبات ٢٠-٢٥°م

تنخفض بعد الأنبات مباشرة وقبل تكوين الورقة الحقيقية الى ١٥-١٨°م لمدة ٤-٥ يوم . ثم ترفع الحرارة تدريجيا الى ٢٣-٢٥°م نهارا في الجو المشمس و ١٧-٢٠°م في الجو الغائم — ليلا ١٣-١٥°م .

(٢) جعفر (١٩٨٧)

حرارة الأنبات	١٥°م
مثلى -	٣٠-٣٥°م
حرارة التربة	١٥°م
أثناء النهار	٢٠-٢٣°م ليلا ١٦-٢٠°م

القساوون (الكانالوب) Muskmellon

قمر (١٩٨٧)

درجة الحرارة الملائمة للأنبات للحصول على الشتلات ٢٥-٣٠°م تنخفض بعد أكمال الأنبات الى ١٨-٢٠°م مدة ٤-٥ يوم ثم ترفع بعدها الى ٢٠-٢٥°م نهارا ، ١٧-١٨ ليلا طوال المدة اللازمة لأنتاج الشتلات .
أثناء غمر الأزهار ٢٥-٢٧°م تزداد الى ٣٠°م أثناء العقد لا تتجاوز الحرارة ١٥°م ليلا .

الشمام (جعفر ١٩٨٧)

للأنبات ١٨-٢٤°م
للمو يتوقف ١٩°م يفضل ١٨-٢٤°م
للتلقيح لا يفتح كيس اللقاح الا اذا كانت الحرارة ١٨°م
اذ يجب أن تكون الحرارة ٢٠-٢١°م وقت تفتح الأزهار المذكورة .

القلفل (١) قمر

أفضل درجة حرارة للنمو والمحصول ٢١-٢٧°م

(٢) خلف الله وآخرون (١٩٨٦)

أوفق مدى حرارة ١,٢١-٢٦,٦°م

الباذنجان (١) خلف الله وآخرون (١٩٨٦)

لا يزرع حتى يصل متوسط درجة الحرارة اليومي ١٨,٢-٢١,١ م°

(٢) جعفر (١٩٨٧)

مثل الشمام

الطماطم (١) خلف الله وآخرون (١٩٨٦)

أوفق مدى حرارة ٢١-٣٢ م°

٣٦ م° يقف الثمر

٢٦ م° سقوط الأزهار

٢٤ م° ملائم لعقد الثمار . العامل المحدد لعقد الثمار

هو درجة حرارة الليل .

١٥-٢٠ م° مدى الحرارة المثلى

(٢) جعفر (١٩٨٧)

٢٠-٢٥ م°

للأنبات

١٦-٢٥ م°

للتلقيح وعقد الثمار

١٨-٢٠ م° نهارا

نمو المجموع الجذري

١٥-١٦ م° ليلا

متوقف النمو الحضري

١٠ م°

٢٥-٢٧ م°

يجب التهوية عند

(٣) قمر (١٩٨٧)

درجة الحرارة الواجب توافرها داخل البيوت البلاستيكية أثناء زراعة

الطماطم :

نهار مشمس نهار غائم ليلا

فترة النمو

٢٤-٢٦ ٢٠-٢٢ ٣-١٦

الخريف (نوفمبر/ديسمبر)

٢٢-٢٤ ١٨-٢٠ ١٢-١٤

الشتاء (ديسمبر/فبراير)

٢٦-٢٨ ٢٠-٢٢ ١٥-١٧

ربيع مارس حتى نهاية الموسم

جدول رقم (٢١)
درجات الحرارة « المثلى » لنباتات الصوب
(Hanan et al 1987)

مرجع	ملاحظات	درجة الحرارة		نباتات الزينة النباتات
		ليلا	نهارا	
Ball 1975	درجة الحرارة للأصول	١٠	١٥-١٣	الأستر الأزاليا
Larson 1975	درجة حرارة بيئة النمو والهواء	١٠		
Larson 1975	١٣° م للنمو الخضري	١٥	٢٧-١٧	
Love Criley 1975	أكثر الأصناف ١٨° م أو أعلى لبدء التزهير وبعضها عند ١٦° م تتأثر بالضوء ومنظمات النمو .	١٨-١٦ ١٨-١٦	٢٦-١٨ ١٨-١٦	
	أعلى في النهار ذى النجوم بمقتل ٣-٥° م	١٦-١٠		نباتات المرقد
	أعلى في النهار الصحو بمقتل ٥° م			
Dietz 1976	أنبات الستوديا والكوليوس - والفلوكس - والفريزيا .		١٨	
	درجات النهار الزيادة عن درجات الليل للأزهار المغنطة أو الصحو - الأستر - الهجونا - التنوريا - الكوليوس - اليرانيوم - البيونيا .	١٦-١٠	٥-٣	
Dietz 1976	درجة مثلى ليلا حتى تنقل - الأستر -	١٦		

تابع جدول (٢١)

مرجع	ملاحظات	درجة الحرارة		نباتات الزينة النباتات
		ليلا	نهارا	
	البلسم - الكوليوس - الجيرانيوم - البوتنيا - السالفيا - المريتا - الزينيا.			
Holley 1971	للنباتات بالتربة دفيء حتى ١٧ ويرد عند درجة حرار النهار العليا.	١٠	١٩-١٨، ١٦	القرنفل
Holley 1971	نباتات بالتربة مع إضافة دفيء حتى ١٨ ويرد عند درجة حرارة النهار العليا .	١٢-١١	٢١-١٩، ١٧	
Holly 1971	نباتات في بيئات غاملة مع دفيء، حتى ١٨ ويرد عند درجة حرارة النهار العليا .	١٣-١٢	٢٢-٢١، ١٨	
Ball 1975	الحد الأدنى ليلا والحد الأقصى نهارا	١٦	١٨	كريزانثيم
Ball 1975	الدرجة الصغرى نهارا للأيام المشمسة والعليا للمصحور - كرزانتيم في القنصاري	١٧	٢١-١٨-١٧	
Hastings	١٨ للنمو السريع حتى ٢١ ١٦ لوقف النمو			نباتات
	لمدة ١٠ أيام لاسراع تكون البراعم الزهري	٢٢ ٩		الأقنيس
	حرارة اختبار النبات تتوقف على الصنف	١٤-١٠		
Mastalez 1939	١٦ الحد الأدنى نهارا للأيام المشمسة، ٢٤ للمصحور الحد الأعلى للمعاملة	٢٩-٢٧	٢٤ ، ٢١	السود
Goldsberey & Holley 1966	دفيء حتى ٢٢ ثم تبرد عند ٢٧ التهوية عند ٣٠ م	١٧	٢٠، ٢٤، ٢٢	
Debertogh 1973	ابتداء من ١ نوفمبر حتى ١ مايو حرارة التخزين للأبصال سابقة التبريد	١٧		التيلوب

تابع جدول (٢١)

مرجع	ملاحظات	درجة الحرارة		نوبات الزينة النبات
		ليلا	نهارا	
Dehertogh 1973	حرارة التخزين للأصبال التي لم تبرد حتى الزراعة	١٦-١٣		الغصن
Dehertogh 1973	حرارة قبل التبريد حسب مد التزهير	١٩، ٧		
Dehertogh 1973	زراعة الشتلة قبل الأحبار يبدأ بالدرجة العليا	٢-١		
	حرارة الأحبار حسب مد التزهير لا تزد	١٦-١٨		
Large 1972	حرارة النهار عن ٣ م			
Large 1972	حاصلات التفرغ المدفأة ، ٢١ للصبر نهارا نقل إلى ١٨ ثم ١٦ - ليلا ١٣	١٣-١٠-٧	٢١-١٨-١٦	
	حتى التبريد			
Large 1972	تهوية عند ١٦ ثم دفيء عند ١٣ -	١٣	١٦، ١٣	
Large 1972	محصول شتوي			
Large 1972	شتوي ، تهوية عند ٢١ ، دفيء حتى ١٦ مع دفيء حتى ١٣ ثم تهوية ند	١٠	١٣، ١٦، ١٨، ٢١	
	١٨ بدون .			
Large 1972	شتوي ، عند تكوين القلب تهوية عند ١٦ دفيء عند ١٠	٧	١٦-١٠	
Large 1972	ربيعي النباتات الصغيرة	١٣	٢١-١٦	
	ربيعي غنض الحرارة حتى درجة الليل تدرجيا ، دفيء حتى ١٠ تهوي عند ١٦	٧	١٦-١٠	
Brooks 1973	الدرجات العليا للأيام الصحو والصغرى للتبريد	١٧-١٦، ١٦-١٤	٢٦، ٢٤، ٢٢، ٢١	الطماطم

تابع جدول (٢١)

مرجع	ملاحظات	درجة الحرارة		نباتات الزيتة
		ليلا	نهارا	
	الإنبات	٢٩		حاصلات أخرى
	حتى الشتل	١٦		
	لأنتاج الشتل ، ١٨ أفضل	١٨-١٣		
Tayama 1975	أنبات الذرة والخيار والكوسة والبطيخ	٣٥		
Tayama 1975	أنبات الكتلوب	٣٢		
Tayama 1975	أنبات الكرنب والباذنجان والفلفل	٢٩		
Tayama 1975	أنبات القرنبيط	٣٧		
Tayama 1975	أنبات الملفس والبصل	٢٤		
	أنبات - الحرارة أفضل قرب ١٦	٢١-١٦		
Dietz 1976	أنتاج الشتلات للبصل . أزرع عند ٧ م حتى الشتل ٣-٥ أعلى نهارا .	١٠- ٤	٥+ - ٣+	
Dietz 1976	أنتاج شتلات الكرنب .	١٣- ٧	٥+ - ٣+	
Dietz 1976	أنتاج الشتلات الباذنجان والفلفل أزرع عند ١٦ حتى الشتل .	١٨-١٣	٥+ - ٣+	

التحكم في حرارة المحلول المغذى

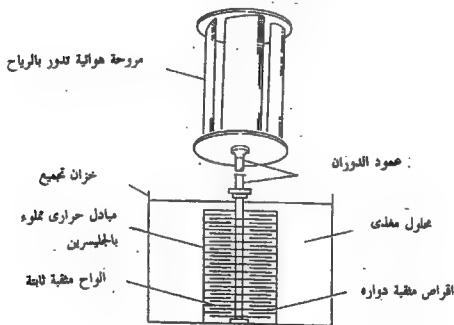
لو سخن المحلول المغذى في الحوض الجامع فإن المحلول الدائر يمكنه أن يوصل الحرارة الى المحصول . وأبسط طريقة لتحقيق ذلك هي غمر سخان كهربائي مرتبط بثرموستات في الحوض الجامع للتحكم في درجة حرارة المحلول . والتكلفة الرأسمالية لهذه الطريقة منخفضة غير أن نفقات التشغيل عالية جدا بل قد تكون أعلى طريقة لتسخين المحلول . ويلاحظ عدم استخدام سخان نحاس حتى لا يذوب من النحاس شيء يضر نمو النبات . وقد تغمر أنابيب من الحديد غير القابل للصدأ في المحلول المغذى بالحوض الجامع ثم يمرر مياه ساخنة في هذه الأنابيب أو بخار من غلاية تعمل بالزيت أو الغاز أو الفحم . ونحت الظروف الإنجليزية في الصوب وجد أن استخدام ١٢ متر من الأنابيب الحديدية غير القابل للصدأ ذات قطر ٥ سم مناسب لمنشأة NFT مساحتها ٠,٤ هكتار عندما يمر البخار خلال الأنابيب المغمورة في الحوض الجامع . ويتم التحكم في معدل تدفق الماء الساخن أو البخار عن طريق ثرموستات في المحلول حيث يمكن أن نحصل على درجة الحرارة المرغوبة للمحلول المغذى .

وفي المناطق ذات الإشعاع الشمسي العالي حيث يكون هناك انخفاض في درجة حرارة الهواء ليلا ، يحسن تسخين المحلول الغذائي ليلا . وفي هذه الظروف تستخدم غلاية تعمل بالطاقة الشمسية . حيث تمر المياه من خزان وتمر خلال مستقبل شمسي Solar Panel بالنهار وتخزن طاقة الحرارة الشمسية Solar Heat في الماء . أما في الليل فلا يمر الماء الساخن خلال المستقبل الشمسي ولكنه يمر خلال الأنابيب المصنوعة من الحديد غير القابل للصدأ في المحلول المغذى في الحوض الجامع مع استخدام ثرموستات للتحكم في درجة حرارة المحلول . ومادنا قد سخنا المحلول في الخزان فيجب أن يمزج الخزان نفسه حتى لا تفقد الحرارة بسرعة وكذا الحال في قنوات الغشاء المغذى فإذا كان العمل في الهواء المطلق فيجب العزل كاملا ، أما إذا كان في الصوبة فيكون العزل لمنع فقد الحرارة بطريق الحمل الى الأرض . وقد صممت قنوات الغشاء المغذى القياسية التي سبق أن وصفناها على أساس توفر إمكانية العزل .

كما يمكن استخدام طاقة الرياح لتخزين الحرارة في خزان الماء . ويتم ذلك باستخدام التجهيزات الموضحة في شكل رقم ٢٦ التي انتجت للاستخدام في

نظم الغشاء المغذى ، وفي هذه الطريقة يتم تحويل طاقة الرياح الى طاقة حرارية . ويتكون الجهاز من اسطوانة تدور بدفع الهواء مثبت في قاعها قضيب يدور مع الاسطوانة وينقل حركتها الى مجموعة من الأقراص ذات الثقوب مجتمعة في شكل اسطوانى فينتج عن دوراتها احتكاك مع الجليسين الذى ترتفع درجة حرارته نتيجة لهذا الاحتكاك وتغمر الاسطوانة السفلى المحتوية على الأقراص والجليسين في حوض المحلول المغذى فتنتقل الحرارة من الجليسين الى المحلول . وهذه أكفأ طريقة بدلا من تحويل طاقة الرياح الى طاقة كهربائية ثم بعد ذلك تستخدم الطاقة الكهربائية لإيجاد الحرارة .

وبذا يمكن تسخين الماء الموجود في خزان التخزين المعزول باستخدام كل من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح .



شكل رقم (٢٦) : مولد حرارة بقوة الرياح

متابعة الحالة الغذائية لنباتات الغشاء المغذى

أوضحنا في موقع آخر من هذه الصفحات ضرورة متابعة تركيز العناصر المغذية ورقم ال pH في المحلول المغذى والتغير في محتوى المحلول من العناصر المغذية أو الحموضة ينعكس مباشرة على النبات . فمتابعة خواص المحلول المغذى عامل أساسى . ومادامت هذه الخواص (تركيز العناصر والحموضة) لم تتغير تغيرا هاما عما كانت عند بدء تشغيل الغشاء فإننا نتوقع بكثير من التأكد أن النبات ينمو طبيعيا وأنه لا يعاني نقصا أو زيادة في أى عنصر من العناصر المغذية . فحالة النبات الغذائية انعكاس مباشر لخواص المحلول المغذى .

وبالإضافة الى متابعة تركيز العناصر المغذية والحموضة بالمحلول المغذى يجب على المشرف على مزرعة الغشاء المغذى أو أى طريقة أخرى للزراعة بلون أرض أن يتابع النبات نفسه خصوصا اذا ظهرت عليه بعض الأعراض التى يشك أنها ناتجة عن اضطراب غذائى .

تشخيص نقص العناصر المغذية

رغم أنه يسهل على الزارع تمييز النبات السليم من النبات الذى يعاني من نقص الغذاء إلا أننا ننصح الزراع باستشارة متخصص ، فالأعراض التى تظهر على النباتات قد تختلط على الشخص العادى فلا يستطيع أن يفرق بين نقص عنصر وآخر ، وقد يضيف عنصرا بإعتبار أن نقصه هو سبب ظهور الأعراض بينما هذا العنصر موجود بالنبات بنسبة كافية وأن الأعراض ناتجة عن نقص عنصر آخر أو لظروف أخرى تؤدي الى ظهور هذه الأعراض . ويحدث ذلك كثيرا بالنسبة للعناصر الصغرى ومعروف أن زيادة من هذه العناصر قد تضر النبات ضررا شديدا .

والمختص عادة لا يقرر سبب الأعراض على النبات من مجرد النظر إليها بل يقوم بأخذ العينات من بيئة النمو ومن أوراق النبات لتحليلها ، ومن نتائج التحليل الكيمائى والأعراض التى تظهر على النبات يمكن أن يعرف العنصر الذى يجب إضافته والصورة الكيميائية التى تحتوى على هذا العنصر ويستطيع النبات الاستفادة منها ، والمقدار المناسب الذى يضاف .

ومتابعة الحالة الغذائية للنبات لا تستلزم ظهور أعراض غير عادية على هذا النبات ، فظهور الأعراض يدل على أن النقص في عنصر أو عناصر قد بلغ حدا أثر على مظهر النبات وبالتالي سوف يؤثر على المحصول ، بينما يسعى الزارع ويحرص دائما على أن يوفر للنبات أفضل وأوفى ظروف النمو ليحصل على أعلى انتاج منه . ومن أجل ذلك يتابع عن طريق المتخصص في تغذية النبات بصفة مستمرة الحالة الغذائية للنبات ويثمة النمو (المحلول المغذى) حتى لا تظهر على النباتات أعراض نقص أحد العناصر الغذائية .

(أ) تحديد نقص العناصر الغذائية بواسطة الأعراض الظاهرة

نقتضى للقيام بالتشخيص البصرى معرفة الأعراض التى تظهر على النبات عند نقص أو زيادة بعض العناصر الغذائية . والتشخيص البصرى مقترنا مع الطرق الأخرى (التحليل الكيمائى للبيئة والتحليل الكيمائى للنبات) يكشف عن سبب ظهور الأعراض التى تدل على معاناة النبات وبالتالي يمكن إدخال التعديلات اللازمة في تغذيته .

والتشخيص البصرى يقوم على أساس أن النقص أو الزيادة في العناصر الغذائية التى امتصها النبات من بيئة النمو يؤدى الى تغيرات ظاهرية مختلفة في شكل النبات وخاصة بكل عنصر وناجمة عن الاختلال في العمليات الفسيولوجية والبيوكيميائية .

خطوات العمل :

تعمل احصائية تستند على المشاهدات البيولوجية فتسجل الأعراض الظاهرة للنقص على النباتات المزروعة في أوساط غذائية تنقصها بعض العناصر الغذائية . ويسجل وصف دقيق لأى انحراف في نمو وتطور النبات ، لون ولمعان وحجم وشكل الأوراق ، وكذا الأوصاف المورفولوجية الأخرى الخاصة بالنباتات المزروعة التى أضيف اليها جميع المواد المغذية الضرورية . ويرسم في سجل خاص النبات بالألوان ويجرى تحديد العنصر الذى سبب نقصه « جوع » النبات . هذا ويتم التأكد من صحة استنتاج سبب جوع أو حاجة النباتات قيد التجربة بمقارنة نتائج المشاهدة مع علامات نقص العناصر الغذائية الأساسية التى سبق تسجيلها ومع الأعراض المصورة لنقص العناصر وكذلك مع نماذج

السناتات المجففة . وجدول رقم (٢٢) يوضح دليل تشخيص نقص العناصر
المغذية في النبات .

جدول رقم (٢٢) دليل تشخيص نقص العناصر المغذية
الأعراض
يُحتمل أن يكون العنصر
(أ) الأعراض السائدة هي اصفرار الأوراق :

- ١- جميع نصل الورقة أصفر
• الاصفرار في الأوراق السفلى فقط يتبعها (حروق) التروجين
بقع Necrosis ثم تسقط الأوراق
• جميع الأوراق على جميع اجزاء النبات مصفرة وذات الكبريت
حراف ييج

- ٢- الاصفرار في المساحات بين العروق
• يظهر اصفرار بين العروق في الأوراق الناضجة حديثا
• يظهر الاصفرار في الأوراق الحديثة فقط الحديد
• بالإضافة الى اصفرار ما بين العروق في الأوراق الحديثة المنجنيز
تظهر (حروق) بقع رمادية أو بنية في المساحات
المصفرة

- ربما يظهر اصفرار بين العروق في الأوراق الصغيرة النحاس
تظل اطراف الورقة خضراء يتبعها اصفرار العروق
وتقع سريع يشمل نصل الورقة
• تكون الأوراق الحديثة صغيرة وقد لا يتكون النصل الزنك
وتكون السلاميات قصيرة تغطي مظهر التورد

(ب) الأعراض السائدة ليست الاصفرار :

- ١- تظهر الأعراض عند قاعدة النبات
• تكون جميع الأوراق ذات لون اخضر غامق في البداية الفوسفور
ثم يتقزم النمو ، يظهر لون بنفسجي في الأوراق
خصوصا المسنة

• حواف الأوراق المسنة تصفر ثم (تحترق) أو تتكون البوتاسيوم
يقع صغيرة مصفرة تتحول الى بقع محروقة تنتشر على
الأوراق المسنة

٢- تظهر الاعراض في قمة النبات

• نموت البراعم الطرفية . تعطى مظهر المكنتسة تسمى البورون
الأوراق الصغيرة وتصيح جلدية مصفرة وتظهر شقوق
ذات لون الصندأ ، تليف فليلي على السوق الحديثة
والازهار والحوامل الزهرية ، تتكرمش الأوراق الحديثة
• لا تتكون حواف الأوراق ، لا تنمو القمم النامية . الكالسيوم
يتكون لون أخضر فاتح أو اصفرار غير منتظم في
الأنسجة الحديثة . نمو الجنور ضعيف فيكون قصيرا أو
سميكا

(ب) تحديد نقص عناصر التغذية عن طريق التحليل الكيميائي

إذا كان العنصر ضروريا لنمو النبات فمن الضروري أن يوجد في أنسجته
بتركيز كاف يختلف من عنصر الى آخر حسب نوع النبات والوظيفة التي
يؤديها هذا العنصر فيه . فالتركيز الضروري من العنصر في أنسجة النبات
يعرف بالتجربة ، وقد لوحظ أن النمو يزداد بزيادة الكمية المضافة من العنصر
المختبر حتى تصبح الكمية المضافة كافية لاحتياجات النبات ، وتركيز العنصر في
النبات عند هذه الدرجة هو ما يطلق عليه « التركيز الحرج » أو القيمة الحرجة
Critical Value ويمكن تحديد هذه القيمة بتوقيع نسبة العنصر المختبر ووزن
المحصول الناتج في رسم بياني فينتج منحنى صاعد الى أعلى ثم يبدأ الوزن في
التوقف عن الزيادة بينما يستمر تزايد نسبة العنصر في أنسجته ، وفي نقطة
التحول من الزيادة في المحصول الى ثباته نستطيع أن نحدد النسبة الحرجة للعنصر
المختبر في أنسجته . ومعرفة هذه القيمة في نبات ما هي أساس متابعة حالة هذا
النبات الغذائية بالتحليل الكيميائي للأوراق ، فإذا كنا نعرف أن هذا التركيز
هو ١٠٠٠ جزء / مليون من النيتروجين في جزء معين من صنف ما من
النباتات ، فإذا أوضح التحليل الكيميائي لهذا الجزء من النبات تحت أى ظرف

أن تركيز النيتروجين يقل عن ١٠٠٠ جزء/مليون من النيتروجين دل ذلك على أن هذا النبات يحتاج الى اضافة النيتروجين حتى يصل الى التركيز الحرج .

وتعتبر الورقة من أفضل أجزاء النبات لاختبارات أنسجة النبات لأهمية الدور الذى تقوم به فى عمليات التغذية ، فحيثما تتجمع العناصر الغذائية وتحدد مع بعضها ، ويبدأ توزيعها على باقى أجزاء النبات فإذا لم يستطع النبات الحصول على أحد العناصر الضرورية من بيئة نمو الجذور (لعدم وجوده أو كفايته فى المحلول المغذى) فإن العمليات الحيوية التى تحدث فى الورقة تتعطل أو تبطئ ، وبهذا فتحليل الورقة ذو دلالة على العنصر الناقص .

ويجرى التحليل الكيميائى لأجزاء النبات بإحدى وسيلتين :

أولاً : التحليل الكيميائى الجزئى

وهو عبارة عن اختبار سريع لأنسجة النبات ، فيجرى استخلاص الصورة الذائبة فى الماء مثلاً أو فى أحد المستخلصات ، ويفترض فى هذه الحالة أن صور العنصر جميعها فى حالة اتزان ، فإذا زاد امتصاص العنصر زادت جميع صوره فى أنسجة النبات وإذا كان العنصر لا يكفى احتياجات النبات انخفضت المقادير الموجودة منه فى جميع صوره . وتقدير الصورة الذائبة فى الماء سهل وسريع ويمكن إجراؤه فى الحقل أو الصورة مباشرة .

وتعتمد هذه الطريقة عموماً على التقدير اللونى للعنصر المختبر فى عصارة النبات ، وأكثر العناصر اختباراً هى الفوسفور والنيتروجين والبوتاسيوم . ويعتمد تقدير كمية الترات والفوسفور المعدنى والبوتاسيوم فى عصير النبات على أن أيونات NO_3^- ، H_2PO_4^- ، K^+ تعطى مع كواشف كيميائية محددة محاليل ملونة أو رواسب . فاللون الذى نحصل عليه من التسيج يقارن مع البقع اللونية القياسية ، أما كمية المركبات المعدنية للنيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم الموجودة بالنبات فيتم تقديرها عن طريق نظام العلامات (الدرجات) أو تعكس على شكل نسب مئوية منسوبة الى المادة الخام النباتية . ويسمح استعمال الطرق السريعة للتشخيص الكيميائى للحالة الغذائية للنبات بسرعة تقييم مستوى العناصر المغذية واتخاذ الإجراءات الممكنة لمعالجة نقصها .

ثانيا : التحليل الكيميائي الكلي للأنسجة النباتية

هو تقدير الكمية الكلية (عضوية ومعدنية) من العنصر المختبر (الذى يشك فى نقصه) فى العينة النباتية . وبمقارنة نتيجة التحليل بأرقام قياسية (القيم المرجحة) تمثل حالة الكفاية الغذائية للنبات بالنسبة للعنصر المختبر ، يمكن معرفة مدى حاجة النباتات لهذا العنصر وإصدار التوصيات المناسبة . ويحتاج ذلك الى معامل مجهزة للتحليلات الكيميائية وتأخذ وقتا أكثر من الطريقة السريعة لاختبارات الأنسجة لاعطاء التوصيات اللازمة .

ويجب أن يؤخذ فى الاعتبار أن طريقة التحليل الجزئى هى طريقة وصفية تقريبية وفى هذا تختلف عن التحليل الكلى لأنسجة النبات الذى يعطى بيانات عن تركيز العناصر الغذائية المختلفة فى النبات بالضبط . وعلى العموم فكلتا الطريقتين يمكن استخدامهما فى متابعة الحالة الغذائية للنباتات خلال موسم النمو .

تحليل الأنسجة النباتية

سبق أن أشرنا الى أنه للتعرف على محتوى النبات من العناصر الغذائية المختلفة يتبع فى ذلك طريقتان هما :

— طريقة التحليل الجزئى لأنسجة النبات أو طريقة الاختبار السريع لأنسجة النبات .

— طريقة التحليل الكلى لأنسجة النبات

أولا : طريقة التحليل الجزئى لأنسجة النبات (الاختبار السريع) :

يمكن قياس تركيز عنصر ما فى أنسجة النبات بعد اضافة الدلائل اللازمة لهذا العنصر عن طريق ملاحظة اللون الناتج عن الاختبار وتمييز مدى شدة هذا اللون الذى يدل على مدى توفر العنصر ، وهناك كشوف قياسية Standard Charts للألوان الناتجة من هذه الاختبارات يمكن استعمالها للحصول على تقدير تقريبي فى صورة أرقام لحالة النبات .

١- اختبار النيتروجين :

يوضع قطاع عرضي من عضو الكشف النباتي (عتق الأوراق أو حواف الأوراق أو الساق) على شريحة زجاجية غير شفافة وتوضع عليه قطرة واحدة من ١٪ محلول داي فينيل أمين Diphynilamine (محضر في حامض الكبريتيك المركز) . فنجد أن التترات الموجودة في عصارة النبات تتفاعل مع المادة المضافة لتعطي لونا أزرق تختلف شدته باختلاف تركيز النيترات في النبات الذي يقارن مع الكشف القياسي Standard Charts للنيتروجين . وإذا كانت النيترات شديدة الانخفاض ، يكون القطاع في البداية عديم اللون ثم يظهر اللون القهوائي البني وبالتدرج يتحول الى اللون الأسود . ومن المهم ملاحظة لون أوراق النباتات عند إجراء اختبار النيترات إذ أن نقص النيتروجين في النبات مرتبط باصفرار الأوراق وخاصة الأوراق السفلى .

٢- اختبار الفوسفور :

توضع قطعة من ورق الترشيح على شريحة زجاجية ثم يوضع على ورقة الترشيح ١-٢ قطره من محلول موليبدات الأمونيوم Ammonium Molybdate . يوضع القطاع النباتي في مركز البقعة المتكونة على الورقة ويضغط عليه من الأعلى بواسطة يد زجاجية ، يرفع القطاع النباتي وعلى بقعة العصير المتبقية على ورقة الترشيح توضع قطرة واحدة من محلول كلوريد القصديروز Stannous Chloride (١٠ جم كلوريد قصديروز / ٢٥ سم حمض يد كل) حيث ينتج عنها لون أزرق تختلف شدته باختلاف تركيز الفوسفور الموجود بعصارة النسيج النباتي . فإذا كان اللون الأزرق غامقا كان النبات غنيا بالفوسفور وإذا كان اللون أزرق متوسط كان النبات لا يحتاج الى التسميد . وإذا كان اللون أزرق فاتح الى أخضر مصفر دل ذلك على حاجة النبات الى الفوسفور . هذا ويجب مراعاة لون أوراق النبات عند إجراء اختبار الفوسفور حيث نجد أن نقص الفوسفور يسبب تلون الأوراق بلون أحمر قرمزي .

٣- اختبار البوتاسيوم :

توضع ورقة ترشيح على شريحة زجاجية ويوضع عليها قطاع من عضو الكشف . ثم يضغط على القطاع بيد زجاجية حتى خروج العصير على ورقة

الترشيح . يرفع القطاع عن الشريحة وتوضع قطرة واحدة على كل من القطاع وورقة الترشيح من مادة أمينات داي ييكريل المغنسيوم *Dipicril Aminate* وقطرة واحدة من حامض الهيدروكلوريك . ويقارن اللون الظاهر على شكل بقعة على كل من القطاع وورقة الترشيح مع الكشف القياسى للبتواسيوم . هذا ويتكون عند وجود البتواسيوم أمينات داي ييكريل البتواسيوم ذو لون أحمر يميل الى الاصفرار ولا ينوب في حامض الهيدروكلوريك .

ثانيا : التحليل الكيمائى الكلى لأنسجة النبات

للقيام بتحليل أنسجة النبات لمعرفة تركيز كل عنصر غذائى فيها يجب أن تكون العينة النباتية المعدة للتحليل في حالة صالحة لتقدير العنصر المراد معرفة تركيزه . والاعتبارات الواجب مراعاتها عند اختيار العينات النباتية ونجهيزها للتحليل يمكن تلخيصها فيما يلى :

١- تفحص المزرعة من جميع النواحي المتصلة بالنباتات حتى يمكن الوصول الى فكرة واضحة عن مصدر الضرر . ويعتمد في ذلك على الأعراض التى قد تبدو على النباتات وحالة الاصابة بالحشرات والأمراض .

٢- تؤخذ عينات أوراق (سواء سفلية أو علوية) بحيث تكون ممثلة لمختلف أجزاء الوحدة الزراعية (جميع قنوات نظام الغشاء المغذى المزروعة بالمحصول الواحد) ويحسن تحاشي النباتات التى تختلف عن بقية النباتات .

٣- يجب مراعاة الانتظام في أخذ العينة — أى اذا قررنا أخذ العينة من الورقة الثالثة العليا فيجب مراعاة ذلك بدقة في كل عينة نأخذها .

٤- تغسل عينات الأوراق في أطباق من البولى اثيلين في محلول تنظيف ١٪ في طبق أول ثم في ماء مقطر في طبق ثانٍ ثم في ماء Deionized في طبق ثالث .

٥- عند تمام الغسيل توضع الأوراق النباتية على ورقة تجفيف لامتنصاص المياه العالقة بالأوراق النباتية ثم توضع في صوانى خاصة بالتجفيف وبعد ذلك توضع الصوانى في فرن ذى تيار هوائى شديد تحت درجة ٦٥°م لمدة ٤٨ ساعة .

٦- بعد تمام التجفيف تطحن عينات الأوراق في طاحونة نباتات Agate Mill مناسبة ويجب تنظيف الطاحونة جيدا بعد كل عينة ، ثم يحفظ المسحوق في برطمان ذي غطاء مع تركه مفتوحا لمدة ٢٤ ساعة في فرن ذي تيار هوائى على درجة ٦٥°م ثم يقفل بإحكام وهو ساخن وتحفظ في مكان بارد جاف حتى التحليل الكيميائى . هنا بجانب لصق ورقة بها البيانات الخاصة بالعينة على جدار الزجاجاة من الخارج .

(أ) تقدير النيتروجين الكلى في العينة النباتية :

يوجد النيتروجين في النبات على صور عديدة منها الأمونيوم ، النترات ، الأминات ، والأميدات . ولتقدير النيتروجين الكلى يلزم تحويل كل هذه الصور الى صورة واحدة يقدر النيتروجين بواسطتها . ويتم ذلك بواسطة مخاليط هضم تقوم بأكسدة جميع المواد العضوية الموجودة في الأنسجة النباتية وفي نفس الوقت تحول النيتروجين الموجود الى صورة الأمونيوم . وتقدر الأمونيوم الناتجة بعد الهضم بواسطة الطريقة الحجمية ، بتحويل الأمونيوم الى أمونيا تطرد مع البخار في جهاز كلداهل ، حيث تستقبل الأمونيا المتطائرة في حامض بوريك (٤٪) وتحسب بعملية المعايرة المباشرة مع محلول حامض الكبريتيك .

خطوات العمل وحساب النتائج :

عملية الهضم — تؤخذ عينة جافة على الميزان الحساس بمحلود ٥، جم وتوضع في دورق كلداهل ذي حجم ٥٠٠ سم^٣ ، يضاف ٥ مل من خليط حامض السلسليك والكبريتيك ٥٪ (٥ جم حامض سلسليك / ١٠٠ مل حامض كبريتيك مركز) ، ويتم مزج محتويات الدورق جيدا ويترك لمدة $\frac{1}{4}$ ساعة . يضاف ٢٥، جم من ثيو كبريتات الصوديوم Sodium Thiosulfate ثم يسخن الدورق قليلا على لهب ضعيف لمدة $\frac{1}{4}$ ساعة ثم يترك ليبرد . بعد ذلك يضاف $\frac{1}{4}$ جم من مخلوط كبريتات النحاس واليوتاسيوم (٣ : ١) و ٥ مل حامض كبريتيك مركز . بعد ذلك يتم التسخين بالتدريج ثم تزداد قوة التسخين والاستمرار في الهضم حتى تبيض محتويات الدورق . وبعد انتهاء الهضم تترك الدوارق لتبرد .

عملية التقطير — يضاف حوالى ١٠٠ مل ماء مقطر الى دورق المضم ، يضاف ٤٠ مل محلول من هيدروكسيد الصوديوم (٤٠٪) ببطء الى الدورق ثم يثبت الدورق في وحدة كلداهل للتقطير حيث يقفل الدورق بسدادة ينفذ منها طرف مكثف ينتهى طرفه الآخر في دورق الاستقبال . ويوضع في دورق الاستقبال (٢٠٠-٢٥٠ سم^٣) ٢٥ مل من محلول حامض البوريك ٤٪ مع مراعاة أن يكون طرف المكثف مغمورا في محلول حامض البوريك ، ويضاف الى حامض البوريك بعض نقط من دليل بروموكريزول جرين — ميثايل Bromocresol green-Methyl red [٢٥ مل ميثايل رد (١٪ في كحول نقي) + ٥٠ مل بروموكريزول جرين (١٪ في ماء) + ٢٥ مل كحول ايثايل ٩٥٪] . تسخن محتويات دورق كلداهل حتى الغليان ويستمر الغليان لمدة $\frac{1}{3}$ ساعة ، ثم ترفع أنبوبة المكثف من المحلول في دورق الاستقبال لمدة دقيقة ثم يفصل من الخارج بالماء المقطر ويعد دورق الاستقبال عن جهاز التقطير .

عملية المعايرة — يتم معايرة محتويات دورق الاستقبال مع محلول حامض كبريتيك ٠,١ ع حتى يصبح لون الدليل أخضر ويسجل حجم الحامض الذى لزم للمعايرة .

حساب كمية النيتروجين — يتم حساب كمية النيتروجين بالمعادلة التالية :

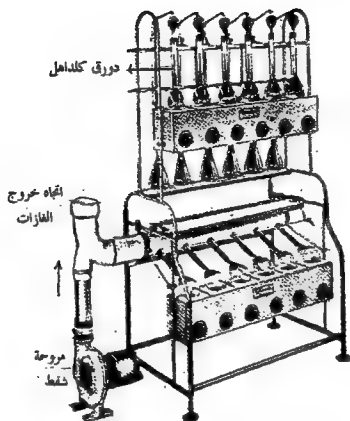
$$\% N = \frac{100 (a - b) \times 0,00014}{C}$$

حيث أن :

a — كمية حامض الكبريتيك (٠,١ ع) المستخدمة فعلا في المعايرة (سم^٣) .

b — كمية حامض الكبريتيك (٠,١ ع) المستخدمة فعلا في معايرة المقارنة (سم^٣) .

C — وزن العينة بالجرام ، 0,00014 — كمية النيتروجين (جم) المطابقة لكل ١ سم^٣ من حامض الكبريتيك ٠,١ ع ، المستخدم لتثبيت الأمونيا .



شكل رقم (٢٧) - جهاز كلداهل لتقدير النيتروجين

ويوضح الشكل رقم ٢٧ وحدات الهضم والتقطير لجهاز ماكر وكلداهل المستخدم في التقدير وترتبط فيه وحدة الهضم بمروحة شفط للتخلص من أبخرة الأحماض الناتجة من عملية الهضم وأيضاً دوارق كلداهل المستخدمة .

(ب) تقدير الفوسفور ، البوتاسيوم ، الحديد ، الزنك ، المنجنيز ، والنحاس :

يتم تقدير هذه العناصر في مستخلص مجهز بعد هضم عينة المادة النباتية بواسطة خليط من الأحماض المركزة (النيتريك ، الهيدروكلوريك ، الكبريتيك) بنسبة ٥ : ٢ : ١ مع التسخين حتى يحدث هدم للمادة العضوية وخروج العناصر الغذائية المعدنية في صورة ذائبة في المحلول الحامض .

تجهيز المستخلص :

تؤخذ عينة نباتية على الميزان الحساس بملود ٥، جم وتوضع في كأس ذات حجم ١٠٠ سم^٣ أطول قليلا من الكأس العادى ، يضاف ١٠ سم^٣ من خليط الأحماض المركزة (النيتريك ، البيركلوريك ، الكبريتيك) باحتراس ، ويتم مزج محتويات الكأس بشكل جيد ، ثم التسخين على مسخن كهربائى فى غرفة غازات مغلقة لمدة ٥ دقائق . يوقف حرارة المسخن عند بدأ ظهور الأبخرة البنية الكثيفة وترك العينة ١٠ دقائق لإتمام عملية الأكسدة ثم يستمر فى التسخين ثانيا ببطء على حرارة منخفضة حتى انتهاء صعود الأبخرة البنية وبداية ظهور أبخرة بيضاء ، استمر فى التسخين حتى انتهاء تصاعد الأبخرة وحتى تصبح محتويات الدورق راتقة تماما . وفى حالة احتفاظ المحلول بلونه الأصفر أو البنى الغامق فيجب التبريد وإضافة ٢ مل من المحلول الحامضى والتسخين مرة ثانية ، كما يجب عمل مقارنة فى الوقت نفسه فتضاف نفس الكميات من الخليط الحامض وتعامل بنفس الخطوات ، لكن بدون اضافة المادة النباتية . يتم تبريد العينات بعد انتهاء الحرق ثم يضاف الماء المقطر وتنقل المحتويات كيميا خلال ورقة ترشيع الى دورق معيارى (١٠٠ سم^٣) ثم يكمل الحجم بواسطة الماء المقطر حتى العلامة . ويعتبر هذا المحلول هو الأساس لتقدير العناصر المطلوبة السابقة .

١- تقدير الفوسفور :

يؤخذ ٥ سم^٣ من المحلول الأساسى بواسطة ماصة وتوضع فى دورق معيارى حجمه ٥٠ سم^٣ ، يضاف له ١٠ سم^٣ من خليط كاشف الفوسفور ويمزج جيدا ويكمل الحجم الى العلامة . وبعد مرور $\frac{1}{4}$ ساعة من ظهور اللون يتم قياس الكثافة الضوئية للمحلول على جهاز الالكتروفوتوميتر Electrophotocolorimeter باستخدام موجه ضوئية طولها ٤٧٠ ملليمكرون .

ولتحضير المحاليل القياسية ، يصب فى عشرة دوارق (حجم كل منها ٥٠ سم^٣) ٥ مل ماء مقطر ، ثم تضاف الكميات المبينة فى الجدول التالى من المحلول النموذجى الأساسى ، الذى يحتوى ١ سم^٣ منه على ٠.٥ ملجم فوسفور ، ثم يضاف ١٠ مل من كاشف الفوسفور . تخلط محتويات الدوارق

جيذا ويكمل الحجم الى العلامة بالماء المقطر . ويتم توضيح نتائج قياس الكثافة الضوئية المقدرة بعد $\frac{1}{3}$ ساعة من ظهور اللون في الجدول .

نموذج التسجيلات الخاصة بتحضير المحاليل القياسية
لتقدير الفوسفور

رقم الدورق	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
عدد سم ^٣ من المحلول النموذجي الأساسي	٢	٤	٦	٨	١٠	١٢	١٤	١٦	٢٠	
عدد ملجم فوسفور في ٥٠ سم من المحلول	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	١	
الكثافة الضوئية المقاسة على الجهاز										

واعتمادا على الكثافة الضوئية المقدرة للمحاليل القياسية الملونة يرسم منحني أحداثه الأفقي تركيزات الفوسفور في ٥٠ سم^٣ من المحلول ، وأحداثه الرأسية الكثافة الضوئية لكل تركيز ، وبواسطة هذا المنحنى البياني يتم إيجاد كمية الفوسفور (ملجم) الموجودة في ٥ سم^٣ من المستخلص الأساسي (a) ونحسب كمية P_2O_5 كنسبة مئوية بواسطة المعادلة التالية :

$$\% P_2O_5 = \frac{a \times v \times 100 \times 2.29}{b \times w}$$

حيث أن :

- a — كمية الفوسفور في ٥ سم^٣ من المستخلص الأساسي ،
- v — حجم المحلول الأساسي (١٠٠ سم^٣) ،
- b — حجم المحلول الأساسي المأخوذ للقياس (٥ سم^٣) ،
- w — وزن العينة النباتية (ملجم) ،
- 2.29 — ثابت تحويل P الى P_2O_5

المحاليل الكيميائية المطلوبة للتقدير :

— المحلول القياسي للفوسفور : ويحضر بإذابة ٠,٢٢٩٤ جم من KH_2PO_4 المعاد تبلوره في قليل من الماء المقطر في دورق معيارى سعته لتر ثم يكمل الحجم بالماء المقطر الى لتر . يحتوى ١ مل من هذا المحلول على ١, مليجرام فوسفور .

— خليط كاشف الفوسفور : ويحضر بنسبة ١ : ١ : ١ من المحاليل التالية : حامض النتريك المخفف (١ : ٢) ، محلول فانادات الأمونيوم المخفف *Acidified ammonium vanadate* ويحضر بإذابة ٢,٥ جم من الملح في ماء مغلى ويبرد ويضاف له ٩٠ سم^٣ من حمض النتريك المركز ويكمل الحجم الى لتر واحد في دورق معيارى ، أما المحلول الثالث فهو إذابة ٤٥ جم من موليبدات الأمونيوم *Ammonium molybdate* في ماء ساخن ثم يكمل الحجم الى لتر .

طريقة التحليل بجهاز قياس اللون :

يعتمد التحليل بقياس اللون على أساس مقارنة لون المحلول الأساسى (المراد تقدير التركيز فيه) مع لون محاليل قياسية ذات تركيز معروف من المادة المراد تقديرها .

والنظرية القياسية للون تعتمد على فكرة اسقاط شعاع من الضوء ذو موجة تناسب لون محلول العينة المراد قياسها عن طريق استعمال مرشح ضوئى *Filter* تنفذ منه هذه الموجة فقط وعندما يسقط هذا الضوء الوحيد فقط على العينة فإنه يمتص بواسطة المحلول (العينة) بدرجة تتناسب مع تركيز اللون بهذا المحلول ، وبمعنى آخر سوف يمر وينفذ جزء من هذا الضوء خلال المحلول . وتتناسب كمية الضوء النافذ عكسيا مع تركيز اللون بالمحلول .

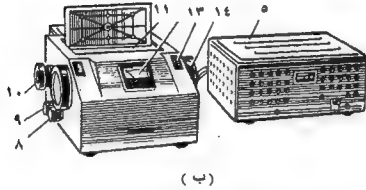
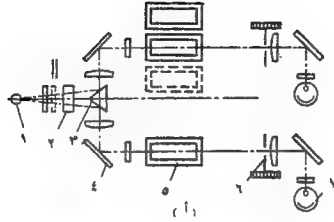
وهناك أجهزة خاصة لقياس الكثافة الضوئية للمحاليل المختلفة تعمل بالتيار الكهربائى تسمى بال *Electrophoto colorimeter* وعادة ما تكون القراءة على هذه الأجهزة تعبر عن نفاذية الضوء *Transmittance* وهو عكس الامتصاص *Absorption* .

والخطوة الأولى في استعمال الطرق اللونية للقياس هو عمل خط يانبي قياسي Standard Curve يحدد العلاقة بين تركيز العنصر المراد تقديره وقرارات الجهاز (سواء كانت نفاذية أو امتصاص) ويجرى ذلك بتحضير سلسلة من التركيزات المختلفة للعنصر ابتداء من الصفر (ماء مقطر) الى أعلى تركيز يحتمل وجوده (أو حسب حساسية الطريقة) ثم تكوين اللون في هذه المحاليل المحضرة المعروفة بقياسها بالجهاز بنفس الطريقة التي سوف تتبع مع العينات . ثم عمل رسم يانبي يوضح العلاقة بين التركيز والقراءة على أن يستخدم هذا الرسم في معرفة تركيز العنصر في العينة المجهولة بعد قياسها على الجهاز ومعرفة نسبة النفاذية أو درجة الامتصاص لها .

ويجرى القياس بهذه الأجهزة باستخدام مرشح ضوئي Filter يعطى موجه ضوئية تناسب لون المحلول المراد قياسه ، وهناك بعض الأجهزة مزودة بضابط خاص يمكن أن يعطى الموجه الضوئية المراد استخدامها دون الحاجة الى مرشحات ضوئية .

ويقوم نظام عمل جهاز قياس شدة الضوء الكهربائي (شكل رقم ٢٨) على أساس معادلة شدة تيارين ضوئيين ، يمرران خلال علب فيها محاليل مذيبة وملونة وبمساعدة حاجز القياس ، فالتيار الضوئي المار عبر العلبة يسقط على خلية ضوئية ، أما الفرق في التيار الضوئي الحاصل فيسجل من خلال جلفانومتر . وعند تساوى التيارات الضوئية وبالتالي شدة الضوء فإن مؤشر الجلفانومتر سيكون صفراً .

وتغذية الجهاز بالتيار تتم من المصدر . ويمر التيار الضوئي من فتيلة لمبة التوهج عابراً مجموعة من العدسات المركزة والمرابا والزجاجيات خلال مرشحات ضوئية (فلترات) . ويتم اختيار المرشح الضوئي بحيث أن قابليته القصوى لتمرير الضوء تتوافق مع القابلية القصوى للامتصاص الضوئي من قبل المحلول الملون . هذا وهناك أنواع مختلفة من أجهزة قياس الشدة الضوئية التي تعمل بالكهرباء .



شكل رقم (٢٨) : الشكل التخطيطي (أ) والشكل العام (ب)
 لجهاز قياس الشدة الضوئية الكهربائية من نوع FEK-56M

- | | |
|--|---------------------------------|
| ١ — مصدر الضوء | ٢ — مرشح (فلتر) الضوء |
| ٣ — منشور | ٤ — مرآة |
| ٥ — علبة | ٦ — الحاجز |
| ٧ — الحلية الضوئية | ٨ — عجلة تثبيت الحساسية |
| ٩ — عجلة تثبيت (الضفر الكهربائي) | ١٠ — عجلة تغير المرشحات الضوئية |
| ١١ — مجال وضع العلب | ١٢ — أمير متر صغير |
| ١٣ — لوحة قياس الكثافة الضوئية | ١٤ — عجلة العد |
| ١٥ — موجّه يعمل على استقرار التيار الكهربائي | |

٢- تقدير البوتاسيوم :

يؤخذ من مستخلص العينة النباتية (المحلول الأساسي) السابق تجهيزه حجم يكفى التقدير ويكون ذلك في حدود ٢٠ سم^٣ ويوضع في كأس حجمه ٥٠ سم^٣ ، وفي كؤوس أخرى يتم وضع المحاليل القياسية السابق تحضيرها ويجرى القياس في جهاز تقدير الطيف Flame photometer ، يتم تحضير المحاليل القياسية عادة في عشر دوارق معيارية (سعة ١٠٠ سم^٣) ، حيث تصب فيها الحجمات المختلفة من محلول كلوريد البوتاسيوم القياسى والمخضر مسبقا والذي يحتوى كل ١ سم^٣ منه على ١ ملجم بوتاسيوم (هذه الحجمات مثبتة في الجدول التالى) ، ومن ثم تكمل الدوارق بالماء المقطر للعلامة وترج جيدا .

نموذج تسجيل المعطيات عند تحضير المحاليل القياسية
لتقدير البوتاسيوم

رقم الدورق	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
حجم محلول كلوريد البوتاسيوم القياسى (سم ^٣)	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١
محلول البوتاسيوم (ملجم) فى ١٠٠ سم ^٣ من المحلول القياسى	-	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩
قرارات الجهاز										

ويرسم المنحنى البياني الذى يمثل العلاقة بين تركيزات البوتاسيوم (K) بالمليجرام لكل ١٠٠ سم^٣ من المحلول القياسى (أفقيا) وقرارات مؤشر الجهاز رأسيا ، وتحسب كمية البوتاسيوم من المعادلات التالية :

$$\% K = \frac{a \times 100}{W}$$

$$\% K_2O = \frac{a \times 100 \times 1.2}{W}$$

حيث أن :

- a — كمية البوتاسيوم (ملجم) في ١٠٠ سم^٣ من الخنوب والتي يتم الحصول عليها من المنحنى البياني بعد تثبيت قراءة الجهاز للمحلول الأساسي ،
- w — وزن العينة النباتية (ملجم) ،
- 1.2 — ثابت تحويل K الى K₂O

المحاليل الكيميائية المطلوبة للتقدير :

— يحضر المحلول القياس الأساسي للبوتاسيوم بإذابة ١,٩ جم من كلوريد البوتاسيوم KCl النقي في الماء وفي دورق حجمي (لتر واحد) ويكمل الحجم الى العلامة — هذا المحلول يحتوي ١ مل منه على ١ ملجم K .

التحليل الفوتومتري باستخدام اللهب Flame Photometry :

أن الطريقة الفوتومترية باستخدام اللهب هي إحدى طرق التحليل الطيفي القائمة على أساس قياس شدة الاشعاع بمساعدة الخلية الضوئية ، حيث يظهر هذا الاشعاع عند استثارة ذرات العنصر في اللهب . ويتم ادخال المحلول المراد تحليله بمساعدة الهواء المضغوط على شكل رذاذ الى فتيلة المصباح . ويتم فصل الطيف الأكثر تميزا للعنصر المراد تقديره عن الطيف العام للهب بمساعدة المرشحات الضوئية ثم يتم توجيهه الى الخلية الضوئية . وأن شدة التيار الضوئي المتكون تتناسب طرديا مع تركيز العنصر المراد تقديره وتقاس بواسطة الجلفانومتر .

إن تركيز العنصر المراد تقديره في المحلول الأساسي يتم تحديده بواسطة مؤشرات الجلفانومتر الخاص بالجهاز عن طريق المقارنة مع قيمة شدة التيار الضوئي الناتجة عن ادخال المحاليل القياسية ذات التراكيز المعروفة الى اللهب . ولأجل وضع الخط البياني يتم تحضير مجموعة من المحاليل القياسية ذات التراكيز التصاعدي للعنصر المراد تقديره في حدود التراكيز المراد تقديرها للمحاليل الأساسية .

هذا ويجب أن يتم قياس كل من المحاليل الأساسية والقياسية تحت ظروف عمل الجهاز الواحد . هذا ويختلف تصميم أجهزة قياس الشدة الضوئية

Flame Photometers المستخدمة في المعامل الزراعية ، إلا أنها جميعا تتكون من الوحدات الأساسية التالية :

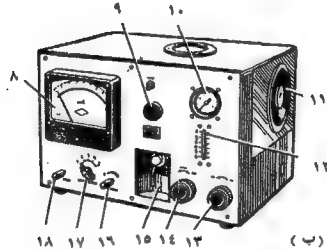
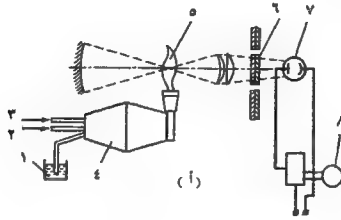
- ١- وحدة التغذية وتحتوى على محلول موازن .
 - ٢- ضاغط هواء .
 - ٣- منظومة اعطاء الخليط الغازى من الشبكة أو الأنابيب . علما بأن الضغط العملى للبروبان والبيوتان هو ١٥-٨٠ ملم عمود ماء ، وللاستيلين ١٠٠-١٨٠ ملم عمود ماء .
 - ٤- الرشاش المتكون من جهاز الامتصاص وغرفة الرذاذ وغرفة الخلط .
 - ٥- وحدة الاشتعال مع منظم الوهج .
 - ٦- المنظومة البصرية مع مرشحات ضوئية خاصة بالعناصر المراد تقديرها ذات الامرار الأقصى للبيوتاسيوم ٧٦٦ ، الصوديوم ٥٨٩ ، الليثيوم ٦٧١ ، الكالسيوم ٦٢٠ نانومتر (٩١٠ متر) .
 - ٧- خلية ضوئية ذات مقوى للتيار الضوئى .
 - ٨- ميكرو أمپرومتر ذو منظم للحساسية .
- وفي الشكل رقم (٢٩) يوضح تخطيط ومنظر عام للجهاز قياس شدة الضوء العامل باللهب Flame Photometer . والشرح المفصل لطريقة قياس شدة الضوء باستعمال اللهب وأساليب العمل على الأجهزة عادة ما تحتويها التعليمات الخاصة بكل جهاز .

٣- تقدير الحديد والزنك والمنجنيز والنحاس :

يؤخذ من مستخلص العينة النباتية (المحلول الأساسى) السابق تجهيزه حجما يكفى التقدير ويكون ذلك في حدود ٣٠ سم^٣ ويوضع في كأس حجمه (٢٥-٥٠ سم^٣) ، وفي كؤوس أخرى يتم وضع المحاليل القياسية السابق تحضيرها للعنصر المراد إختباره ويجرى القياس في جهاز سبكتروفوتوميتر الامتصاص الذرى Atomic Absorption Spectrophotometer .

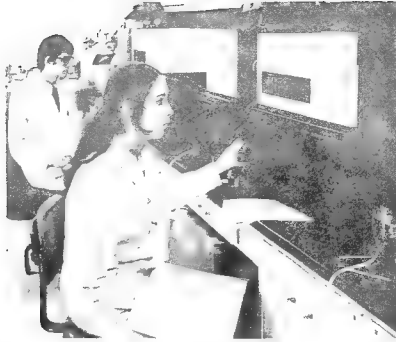
يرسم منحني يأتى يمثل العلاقة بين تركيزات العنصر المراد قياسه على المحور الأفقى وقراءات مؤشر الجهاز التى تعبر عن نفاذية أشعة الضوء ذات طول الموجه الخاص بكل عنصر (Transmission) على المحور الرأسى . ويستخدم هذا

الرسم في معرفة تركيز العنصر في العينة المجهولة بعد قياسها على الجهاز ومعرفة نسبة النفاذية لها .



شكل رقم (٢٩) : الشكل التخطيطي (أ) والشكل العام (ب)
جهاز قياس الشدة الضوئية باللهب FPI-1

- | | |
|--|---------------------------------------|
| ١ — دخول الخاضع للبراسة ، | ٢ — دافع الغاز ، |
| ٣ — دافع الهواء ، | ٤ — الخلط ، |
| ٥ — شمع الغازية ، | ٦ — القدر الضوئي ، |
| ٧ — الخلية الضوئية ، | ٨ — مايكرو امير ، |
| ٩ — فتحة لملاحظة ومراقبة اللهب ، | ١٠ — جهاز قياس ضغط الهواء (ماتومتر) ، |
| ١١ — عجلة تغير الفلترات الضوئية ، | ١٢ — مانومتر الغاز ، |
| ١٣ — لولب التحكم في غلق وفتح الغاز ، | ١٤ — لولب التحكم في غلق وفتح الهواء ، |
| ١٥ — فتحة لاعطاء المحلول المراد تحليله ، | ١٦ — عتلة فتح وغلق الحساسية ، |
| ١٧ — مفتاح السيطرة على الحدود ، | ١٨ — عتلة تحديد الصفر . |



شكل رقم (٣٠) : منظر عام لجهاز سبكتروفوتوميتر الامتصاص الذرى

طريقة التحليل باستعمال سبكتروفوتوميتر الامتصاص الذرى :

التحليل باستعمال جهاز سبكتروفوتوميتر الامتصاص الذرى أحد الطرق الفوتومترية باستخدام اللهب وهذا الجهاز سهل الاستخدام لتقدير العناصر خاصة الموجودة بتركيزات منخفضة جدا . وتتلخص طريقة تشغيل هذا الجهاز فى استثارة ذرات العنصر الموجودة فى المحلول فى لهب ينتج من احتراق خليط الهواء والامتيلين (على سبيل المثال) ، وهناك أجهزة تستخدم خليطا مختلفا من الغازات . ويمرور ضوء معين لكل عنصر (لكل عنصر لهبة خاصة تسمى الكاثود) خلال هذا اللهب (بعد فصل الطيف الأكثر تميزا للعنصر المراد تقديره ذى طول موجة معينة) الذى به ذرات العنصر محترقة ومثارة يحدث امتصاص لجزء منها (حسب التركيز الموجود من العنصر) ثم يقاس الجزء المتبقى الذى لم يحدث له امتصاص خلال خلية ضوئية Photocell بواسطة جلفانومتر . وشكل رقم (٣٠) يوضح منظر عام لجهاز سبكتروفوتوميتر الامتصاص الذرى Atomic Absorption Spectrophotometer . هذا ويسمح

بالعمل على هذا الجهاز فقط للأشخاص الذين سبق أن تم تدريبهم على مثل هذه الأجهزة . والشرح التفصيلي لطريقة استخدام هذا الجهاز عادة تحتويها التعليمات الخاصة لكل جهاز .

التسميد بثاني أكسيد الكربون*

في تقنيات الغشاء المغذى يخترق المحلول المنذرى جميع العناصر الضرورية لتغذية النبات بالقدر والنسب التي تلائم كلا منها وإذا انجبه ذهن الزارع الى اضافة ثاني أكسيد الكربون كعامل يزيد الانتاج فإن ذلك يكون مرتبطا بوجود وحدات الغشاء المغذى داخل الصوبة .

تحصل النباتات على الكربون من غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود بنسبة ٠,٠٣٪ في الهواء الجوى ويتم ذلك بانتشار الغاز خلال ثغور الأوراق — وقت انفتاحها — الى داخل الورقة ثم الى داخل خلايا النبات حيث يستخدم هو والماء في وجود الطاقة الضوئية في تكوين الكربوهيدرات وهى عملية التمثيل الضوئى أو الكلوروفيل وتنقل هذه الكربوهيدرات بعد ذلك من الورقة الى مختلف أجزاء النبات وتحول الى المركبات اللازمة للنمو .

وظروف النمو داخل الصوبة قد تؤدي الى استهلاك ثاني أكسيد الكربون من هوائها فتقل نسبته فيه ، وقد عرفت العلاقة بين تركيز ثاني أكسيد الكربون في الهواء وشدة الضوء والتمثيل الضوئى من سنوات عديدة وأوضحت الدراسات أن الإنتاج يتحسن في الصوب المغلقة بزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في هوائها بشرط زيادة الاضاءة فيها .

العوامل التي تؤثر على امتصاص أوراق النبات لثاني أكسيد الكربون :

يتأثر المقدار الممتص من ثاني أكسيد الكربون بواسطة أوراق النبات بعدد من العوامل :

١- نوع وصنف النبات :

النباتات ذات الإنتاج العالى من النشويات مثل الذرة تحتاج الى مقادير من

* يرجع الى تفصيلات أولى عن هذا الموضوع في كتاب « الزراعة المحمية » ، عبد النعم بلبع وآخرون ، دار المطبوعات الجديدة .

ثاني أكسيد الكربون أكبر من غيرها التي لا تنتج هذا القدر الكبير من الكربوهيدرات .

٢- شدة الإضاءة :

التركيزات المرتفعة من ثاني أكسيد الكربون لا تقيد في الإضاءة المنخفضة فالإضاءة أمر أساسي في عملية التمثيل الضوئي وقد اتضح أن أقصى قدر من التمثيل الضوئي لأوراق أنواع مختلفة من النباتات عند شدة ضوئية ٢٠٠٠ شمعة/قدم وذلك في المستويات العادية من ثاني أكسيد الكربون ، ويزيد التمثيل الضوئي بزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون فيكون أقصى قدر من التمثيل الضوئي للورد في حالة ٥٠٠ جزء/مليون عن ثاني أكسيد الكربون إذا كانت شدة الضوء ٣٤٠٠ شمعة — قدم فإذا زاد تركيز ثاني أكسيد الكربون إلى ١٠٠٠ جزء/مليون لا يزيد التمثيل الضوئي إلا إذا ازدادت شدة الضوء إلى ٤٠٠٠ شمعة — قدم .

٣- شدة الرياح :

تؤثر أساسا على انتشار ثاني أكسيد الكربون من كتلة الهواء إلى الورقة . ومادام حديثنا عن النباتات داخل الصوب فيكون أثر هذا العامل معلوما . كما توجد عدة عوامل أخرى ذات تأثير على امتصاص النبات لثاني أكسيد الكربون مثل كفاية الماء ، تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الهواء ، مقاومة انتشار الغاز خلال ثغور الأوراق ، المعاملات السابقة للنبات ، عمر الورقة ، درجة الحرارة وغيرها .

حقن ثاني أكسيد الكربون في هواء الصوبة :

يعاجل نقص ثاني أكسيد الكربون داخل الصوبة ، أو في حالة الرغبة في زيادة تركيزه — التسميد به — بمحقنه في الهواء الداخل للصوبة وهي عملية تحتاج إلى مراعاة العديد من العوامل أهمها الحرارة والضوء .

وقد أوضحت تجوى شحاته وزملاؤها (١٩٨٠) زيادة نمو نباتات فول الصويا والذرة الشامية في حجرات نمو Growth Chambers بزيادة ثاني أكسيد الكربون في الهواء الداخل إلى الحجرات وأشاروا أن العامل المحدد للزيادة نتيجة الحقن كانت الإضاءة ومستوى التسميد بالنيتروجين .

طرق الحقن بثاني أكسيد الكربون :

- إنحلال المادة العضوية .
- ثاني أكسيد الكربون المسال .
- حرق الغاز الطبيعي في مواقد خاصة لمد الصوبة بثاني أكسيد الكربون .

ويمحقن ثاني أكسيد الكربون في الصباح الباكر ويستمر حتى غروب الشمس ، ويلاحظ أن الماء أحد نواتج الاحتراق فتزداد الرطوبة .

ويجب أن تكون عملية الحقن تحت المراقبة فيقدر ثاني أكسيد الكربون في هواء الصوبة ويستخدم لذلك جهاز خاص .

وتوفر الكربون للنبات فثاني أكسيد الكربون هو المركب الرئيسي في عملية التمثيل الضوئي التي ينتج عنها محتوى النبات من الكربوهيدرات . اتجهت الاختبارات الى رش النباتات بالميثانول الذي أتضح أنه سريع التحول الى سكر وأحماض أمينية بنفس سرعة تحول ثاني أكسيد الكربون ، وفي طريق التحول الى سكر وأحماض أمينية أوضحت بعض الدراسات باستخدام البكتريا والفطر أن الميثانول يتأكسد الى فورمالدهايد ثم يتحول الى فركتوز ٦ — فوسفات .

وقد أوضح نومورا وبنزون Nonomura & Benson, 1992 أن محصول كل من الطماطم والفراولة والباذنجان والقطن والقمح وغيرها قد زاد بنسب متفاوت بين ٥٠٪ و ١٠٠٪ نتيجة رشها بالميثانول مع توفير الضوء الكافي بتعريضها لضوء الشمس ، أما في حالة وجودها في الظل فلم يتحسن المحصول في بعضها وظهر على بعضها الآخر أعراض التسمم .

منظمات النمو

تستخدم منظمات النمو في الزراعة الحقلية وفي البيوت الزراعية لتشجيع أو تثبط أو تتحكم بعض العمليات الفسيولوجية في النبات فهي إحدى وسائل التحكم في النمو . وغنى عن القول إنها مواد سامة اذا استخدمت بجرعات تزيد عن القدر المناسب منها .

وليس هناك ما يمنع استخدام منظمات النمو في نباتات الغشاء المغذى طبقا للوظيفة التي تؤديها وحسب ظروف النباتات النامية خصوصا نباتات الزينة والخضر .

وتختلف الاستجابة لمنظمات النمو حسب نوع النبات والجزء المعامل منه ومرحلة نموه ومقدار ونوع المركب المستخدم .

وتستخدم منظمات النمو رشا على الأوراق أو في صورة رذاذ Aerosols أو تعفر بها النباتات أو تحقن بها .

ومنظمات النمو مجموعات من الكيماويات تؤدي كل مجموعة منها وظيفة معينة .

فالأوكسينات والجبريلينات والستيروكينات وينطوى تحتها عديد من المركبات تعتبر مشجعات للنمو ومنها :

حامض إندول الخليك Indol Acetic Acid (IAA)

حامض الفانثالين الخليك Alpha Naphthalene Acetic Acid

حامض اندول البيوتريك Indol Butyric Acid (IBA)

ويقلل سقوط الثمار .

أما ترى ايودو البنزويك Tri Iodobenzoic Acid فيشجع التزهير والإثمار المبكر ، وقد يحور شكل الورقة والنبات ويزيد كفاءة عملية البناء الضوئي .

ويعتبر مييد الحشائش 2, 4 D و 2, 4, 5 T من مركبات الأوكسينات ويستخدم محلول الأوكسينات في كحول الايثايل ثم يخفف الى ٥٠٠ أو ٥٠٠٠ جزء/مليون ويغمس النبات أو العقل في المحلول بسرعة وتستجيب كثير من نباتات الزينة لهذه المعاملة (عقل الكريزانتيم والقرنفل والجاردينا وغيرها في محلول ٥٠٠-٥٠٠٠ جزء/مليون) .

وقد يمزج الأوكسين مع بودرة التلك وتغمس قاعدة الشتلة في المحلول ويتخلص من الزائد ويستخدم ١٪ - ١٪ أو مخلوط ١٪ - ٣٪ في حالة العقل الحديثة .

وتوجد مخاليط المسحوق أو المحلول في عبوات خاصة بالأسواق .
وأوضحت إحدى الدراسات أن استخدام جرعات ملائمة من 2,4-D مع بعض العناصر الصغرى يزيد معدل النمو في بعض الحاصلات .

وينسب للجبريلينات مجموعة من التأثيرات على النباتات مثل :

- قطع طور السكون في أعضاء النبات المختلفة .
- تشجيع الإثمار البكرى .
- تشجيع الأزهار في بعض نباتات النهار الطويل وحث التغيرات التي تنسب للتقسية بالتبريد في بعض النباتات .

وتستخدم الجبريلينات في إنتاج بذور الخيار الهجين F_1 وكسر طور السكون في بذور البطاطس حديثة الحصاد . واقترح معاملة نباتات الزينة لاحداث العديد من التغيرات المطلوبة . وقد اتضح أنه يزيد حجم ازهار الجراثيوم عند استخدامه بتركيز ٢٥٠-٥٠٠ جزء/مليون لإسراع نمو نباتات الجيرايوم والفوشيا وزيادة طول أغصان أزهار الكريزاثيم .

وتشجع السيتوكينينات Cytokinins انقسام الخلايا واستطالتها ، وأوضحت بعض الدراسات أنها تطيل عمر الخس وبعض الخضر الورقية ويقلل البنزيل ادينين (BA) Benzyl Adenine التلف الذي ينتج عن التبريد أثناء النقل وكان تأثيره اكبر وضوحا على الأزهار غير الناضجة وبذا قد يمكن جمع هذه الأزهار في طور مبكر .

وقد شجعت بعض السيتوكينيات (بنزيل أمينوبورين 6-Benzyl aminopurine (PBA) نمو البراعم الجانبية لعدد من نباتات الزينة .

وتؤدي المعاملة بالكيتينين Kinetin مع (1 A A) الى تحوير النمو في مزارع أنسجة قمة النباتات .

وكما تؤدي منظمات النمو السابق الإشارة إليها الى تشجيع النمو وتوجد منظمات النمو التي تثبط نمو النباتات منها :

— هيدرازيد المالك Maleic hydrazide تمنع انقسام خلايا القمة المرستيمية .

— توجد نحو سبع مجموعات من المواد التي تعوق استطالة النبات ونجمل
النبات أكثر مقاومة للعطش منها التيكوتنيوم ومركبات الامونيوم والهيدرازين
والفوسفونومات والكولينات وأحماض السكسينيك مك Succinamic acids
والانسيميدول Ancymidol وغيرها .

وقد انتجت شركة ICI مستحلب BONZI يحتوى ٤ جم / لتر لابطاء النمو
فيعطى نباتات قوية ذات لون داكن وأوراق أغزر دون أن يقل حجم الأزهار
أو فقدها للون الذى قد يحدث عند استخدام منظمات النمو فى بعض الأحيان .

وقد أمكن انتاج كيماويات — بديلات الفثالاميك Substituted Phthlamic أو
بدلات حامض البنزويك Substituted Benzoic Acid تحدد وقت التزهير وعدد
الأزهار بكل عنقود فى الطماطم وهى فى طور تكوين الورقتين الأوليين كما تتأثر
الفاصوليا أيضا بهذه الكيماويات .

وقد انتجت شركة Amchem Products Inc. مركبا اطلق عليه CEPA أو
Ethephon أو Ethrel له قدرة على جعل النباتات المعاملة قادرة على انتاج الاثيلين
الذى يقوم مقام المعاملة بغاز الاثيلين ويستهدف دفع النبات نحو التضجع
خصوصا بذور الهجن القوية Hybrid ويمكن رشه على النباتات .

البيوت الزراعية

(الصوبات)

للبيوت الزراعية دور هام فى الزراعة بدون أرض وقد ورد ذكرها فى سياق حديثنا عن تقنيات الغشاء المغذى أو الهيدروبونيكس أو الزراعة فى البيئات الخاملة ، والبيانات التى نذكرها فى هذا الباب إشارة إلى النقاط الهامة فى إنشاء البيوت الزراعية ، غير أننا ننصح بالإطلاع على بعض المطبوعات^(١) المتخصصة لتفصيلات أوفى عن إنشاء وإدارة هذه المنشآت خصوصاً وأن الإستثمارات التى تحتاجها عادة كبيرة .

تختلف البيوت الزراعية فى أشكالها وأحجامها والمواد التى تصنع منها والتجهيزات التى تحتاجها إختلافاً كبيراً ، وتختلف بالتالى الإستثمارات اللازمة لإنشائها .

قبل الشروع فى إنشاء الصوبة يجب أن تدرس جميع النواحي ذات الصلة بالإستثمارات اللازمة المستهدفة وطرق التسويق وأن يتم ذلك فى صورة دراسة جدوى تقنية واقتصادية متكاملة .

ويتأثر إنشاء الصوبة بعدد من العوامل منها :

الموقع : يحدد ملائمة الموقع لإنشاء صوبة عوامل كثيرة مثل أسعار الأراضى وتوفر الأيدى العاملة وتوفر مصدر للماء والقرب من الأسواق وسهولة الوصول إلى الصوبة .

المناخ : يجب أن يحصل صاحب الصوبة على تفاصيل مناخ المنطقة التى اختارها ، ولتحديد إتجاه الرياح ذو أهمية خاصة .

تضاريس الموقع : من ناحية وجود المرتفعات والمنخفضات والإنحدار .

(١) انظر كتابنا « الزراعة المحمية » ، الناشر دار المطبوعات الجديدة .

ملحقات الصوبة : تحتاج الصوبة إلى مخازن ومكاتب وغرف تبريد وموقع للشحن والتفريغ بالإضافة إلى المساحة الأصلية للصوبة .

إتجاه الصوبة : يجب أن يتوافق مع مناخ الموقع خصوصا من ناحية تقليل أثر الرياح والظل .

كما يجب أن يختار الموقع بحيث لا تتأثر الصوبة بظل المباني أو المرتفعات أو الأشجار المجاورة وأن تستقبل أكبر قدر من أشعة الشمس .

إنشاء الصوبة :

البيت الزراعي أو الصوبة عبارة عن هيكل وسقف ، ويتم إنشاء الصوب في مصر عادة بواسطة شركات متخصصة .

مواد بناء الهيكل :

تستخدم مواد مختلفة في إقامة الهيكل ، وكانت الصوب سابقاً من الخشب ثم استخدم الحديد في صناعة الهيكل ، والمادة الغالبة الآن هي الألومنيوم .

مواد غطاء الصوب :

كان الزجاج هو المادة الأساسية المستخدمة في تغطية الصوب لما يتصف به من قدرة على نفاذ ضوء الشمس خلاله ، ثم انتشر البلاستيك ، وأكثر الأغشية البلاستيكية شيوعاً هو البولي إثيلين Polyethylene وهو نسيج سمكه ٠.٥ - ٢ مم ، لا ينفذ السوائل ولا يتأثر بالأحماض أو الأملاح أو الكيماويات الزراعية ويحمل درجة حرارة بين - ٦٠°م حتى + ٩٥°م ، ويمكن استخدامه لمدة ٢ - ٤ سنوات .

ويعاب على أغشية PE أنها تنفذ الأشعة الحرارية أثناء الليل من داخل الصوبة الدافئ إلى خارجها . وقد أنتجت الصناعة PE-IR قليل النفاذية للأشعة تحت الحمراء PE-Infrared ذا لون أصفر يزيد فيتامين C في الطماطم ، و PE بنفسجي يكرر تضج الفاصوليا الخضراء ، و PE أسود بإضافة الكربون أثناء

صناعته فلا يتأثر بالأشعة فوق البنفسجية . وهو غشاء قوى يصنع فى لفات ١٠٠٠ م وعرض ٧٥ - ١٢٠ سم .

كما أنتج غشاء كلوريد البول فينيل Poly Vinyl Chloride (PVC) يمكن استخدامه ٢ - ٤ سنوات يتحمل حرارة ٢٠° م ومقاوم للأحماض والكيماويات ذو نفاذية للضوء ٩٠٪ يمتص الأشعة تحت الحمراء ولذا لا ينفذ الأشعة المنعكسة من داخل الصوبة ليلاً إلا بنسبة ١٠ - ١٥ ٪ ، ومنه نوع مقوى يستخدم ١٠ - ٢٠ سنة .

وغشاء خلاات البول فينيل Poly Vinyl Acetate (PVA) يجمع بين خواص PE و PVC قليل النفاذية للأشعة تحت الحمراء غير منفذ للأشعة فوق البنفسجية UV يعتبر من الأغشية المفضلة .

البلاستيك الصلب :

تحقق هذه المواد نفاذاً أفضل للضوء وخفضاً فى التكلفة ومنها :

١- ألواح الأكريليك وهى ذات سمك ولون مختلف وينفذ الضوء خلالها بدرجات مختلفة ويمكن التحكم فى درجة النفاذية بإضافة الألوان أو باختلاف السمك ، مقاومة للتجوية .

٢- ألواح كلوريد بولى فينيل Poly Vinyl Chloride (PVC) لم تستخدم فى الصوب لعدم مقاومتها للضوء .

٣- ألواح البلاستيك المقوى بالألياف الزجاجية Fiberglass-Reinforced Plastic Panels (FRP) ، ويجب الإتفاق على مواصفاته قبل شرائه .

تصميمات البيوت الزراعية :

اتضح أن أفضل ما ينفذ أشعة الشمس هو السقف المنحنى أو نصف الدائرى . وأغلب البيوت الزراعية الأمريكية تتبع نظام الأسقف ذات القمم أو الأسقف المنحنية .

الأسقف ذات القمم المدببة :

تغطي هذه البيوت بالزجاج أو ألواح FRP كما يستعمل بعض الزراع أغشية البلاستيك المزودة بالمتفخخ بالهواء كسقف مؤقت حتى يمكنهم تركيب الغطاء المناسب المستديم .

كما يستخدم أيضاً نفس الهيكل المستخدم في إنشاء الورش الصناعية 40×160 م مع سقف FRP ، ويتكون من عدة أهرامات متوالية (قمم وقنوات) .

الأسقف المنحنية :

أصبحت هذه الأسقف المنحنية الشكل الغالب منذ السبعينات لإنخفاض تكلفتها عن الأسقف ذات القمم المدببة ويصلح لإستخدام الأغشية الصلبة وغيرها .

الأسقف المنفوخة :

عبارة عن غشاء ذى طبقتين يصبح صلباً وثابتاً نتيجة امتلائه بالهواء ويشد غشاء ذو سمك 6 مم على هيكل البيت الزراعى ويلحم من جميع الحواف الخارجية وينفخ بواسطة مضخة تدفع فيه الهواء بين طبقتيه .

الأنفاق :

يشيع استخدام الأغشية البلاستيكية في هذا النوع من الصوبات ذات الهيكل المبسط ، فبدلاً من « جمالون » تستخدم أقواس من المواسير المجلفنة ذات قطر 2 — 5 سم حسب حجم وإرتفاع النفق وتتوالى هذه الأقواس كل 2,5 — 3 م حتى نهاية النفق . وهناك نوعين من هذه الأنفاق :

الأنفاق العالية High Tunnels :

يشيع استخدام الأغشية البلاستيكية في هذا النوع من الصوبات ذات

الهيكـل المبسط فـيـلا من « الجمالون » التقليدي الضروري في حالة التغطية بالزجاج أو بالأواح FRP تستخدم أقواس من المواسير المجلفنة ذات قطر ٢ — ٥ سم حسب حجم وارتفاع النفق وتتوالى هذه الأقواس كل ٢,٥ — ٣ م حتى نهاية النفق ، ولزيادة تقوية هذا الهيكل تمد ماسورتان بطول النفق فوق سطح الأرض على الجانبين ويلحم لكل منهما الأطراف السفلى للأقواس ثم تثبت ماسورة أخرى بطول النفق مرة بوسط الأقواس و ماسورتان على جانبي الماسورة الوسطى .

قد يبلغ عرض البيت الزراعي نحو ٨ — ٩ م وارتفاعه ٣,٢ م والمسافة بين الأقواس تتراوح بين ١,٥ — ٢ أو ٢,٥ م ، وتربط الأقواس مع بعضها خمس مواسير طولية قطر كل منها ٣٢ مم وسمكها ١,٥ مم ، ويوجد عادة « حاملة محاصيل » على كل قوس ما عدا القوسين الأول والأخير ، ويوزد كل بيت بأسلاك مجلفنة تشد وتثبت الهيكل الخارجى ، ويجهز النفق بباب فى كل طرف ارتفاعه متران وعرضه أقل من عرض النفق يفتح إلى أعلى وداخله باب أصغر يفتح جانبياً وتجهز الأبواب بمقابض ، وعلى جانبي النفق تفتح نوافذ بطول النفق تغطي بالبلاستيك تغلق وتفتح بأداة يلوية .

الأنفاق المنخفضة Low Tunnels :

تعتبر هذه الأنفاق تبسيطا فى إنشاء الأنفاق الكبيرة ، فهيكـل النفق عبارة عن أقواس من الحديد المجلفن ذى سمك ٦ مم كما يستخدم أيضا أنابيب توصيل الماء أو حديد التسليح ١٠ مم فتثنى على هيئة أقواس ، ويحدد طول السيخ أو « الماسورة » عرض النفق وارتفاعه ويغرس ٤٠ سم من طرفى السيخ من كل جانب فى الأرض ، وتتباعـد الأقواس عن بعضها بمسافة ٢,٥ — ٣ م ويستعمل فى تغطية النفق غشاء البولي اثيلين بطول ٢,٥ — ٣ م وسمك ٠,١ مم ويثبت طرفا الغشاء عند طرفى النفق تحت التربة أو يضمنان ويربطان فى وتد خشبى .

ومن هذه الأنفاق المنخفضة ما يكون أقل ارتفاعا (٩٠ سم) وعرضا (١٥٠ - ١٦٠ سم) وتتولى الأقواس كل ٢,٥ م ويثبت الغشاء فوق الأقواس باستخدام حلقات تم لحماها في الأقواس وتمير حبال خلال هذه الحلقات تزداد مقاومة الغطاء للرياح .

تجهيزات تدفئة الصوبة :

- ١- غلايات مختلفة تنتج ماء ساخنا وبخار ماء يتوزع في أنابيب (مواسير) من الحديد على أجزاء الصوبة .
- ٢- أفران احتراق الغاز .
- ٣- أجهزة تدفئة تستخدم الأشعة تحت الحمراء .

وتوجد نظم لتوزيع البخار على جوانب الصوبة ، فوق النباتات وأسطح القنوات أو بجانبها حتى يكون توزيع الحرارة أكثر انتظاما بالصوبة وتستخدم مراوح خلط الهواء (لتوزيع الحرارة الناتجة من الأنابيب) ويلاحظ أن وضع المراوح وسط الصوبة ، يكون منطقة أبرد نوعا في وسط الصوبة ، ومنطقة هواء أدفأ نوعا عند الجوانب . ويحدث نفس التوزيع مع عدم انتظام دورة الهواء إذا وضعت المراوح أسفل أنابيب البخار (السريبتيه) الساخن .

ويستخدم أجهزة متعددة الأنابيب وتعطى توزيعا أفضل للهواء الدافئ داخل الصوبة .

تجهيزات تبريد الصوبة :

يتقدم التكنولوجيا تحولت التهوية اليدوية إلى جهاز يعمل ذاتيا عند الوصول إلى درجة حرارة معينة .

تتلخص التهوية اليدوية في عمل فتحات خاصة بالسقف يخرج منها الهواء الساخن ، كما تفتح الفتحات الجانبية فتكون حركة دائرية للهواء . ويعتبر تغيير الهواء بالصوبة كل دقيقة مناسبة ولو أن الجهاز الشائع لا يحقق ذلك تماما إنما يحرك الهواء في نمط يلائم النباتات .

وتوجد أنظمة تهوية علوية تعمل ميكانيكياً بواسطة أداة خاصة تفتح شرائح البلاستيك وتغلقها . كما نزود الصوب أيضاً بأنظمة تهوية جانبية .

ويستخدم عدة وسائل لتبريد الهواء الداخل إلى الصوبة منها :

١- لبادات أو وسائل التبخير والمروحة .

٢- التبريد بالتظليل .

٣- التبريد بواسطة رزاز الماء أو الضباب .

٤- التبريد بحرارة الإنصهار الكامنة في الأملاح .

وفي حديثنا عن حرارة الصوبة تقتضى الإشارة إلى ضرورة وجود مقاييس للحرارة — ترمومترات . توضع على لإرتفاعات مساوية لإرتفاع النباتات وأفضل الترمومترات ما يسجل — كتابة — درجات الحرارة فيعرف الزارع درجة حرارة الصوبة على مدار ٢٤ ساعة .

وتثبت درجة الحرارة في الصوبة باستخدام الترمومترات .
(Pneumatic thermostat) وقد بدأ استخدام الأجهزة الأليكترونية لتثبيت درجة الحرارة مثل جهاز Thermister .

تجهيزات التظليل والإضاءة :

تستخدم عدة وسائل للتظليل مثل :

— التغطية بألواح نصف شفافة من البول أستر المقوى بالزجاج مع شرائط من ورق الألومنيوم ، وينفذ هذا الغشاء نحو ٣٥٪ من ضوء الشمس .

— تنتج إحدى الشركات التمسوية أغطية بلاستيك ذات لون أخضر وتذكر أنه يقوم التلف والإحلال سواء بالأشعة فوق البنفسجية أو الحرارة وله نفس عمر الغطاء الأسود شائع الإستخدام ويخفض الحرارة بينا الغطاء الأسود يمتص الحرارة .

— استخدمت ستائر أفقية داخلية منا الألومنيوم تسمح بنفاذ نسب مختلفة من الضوء وتغطي النباتات .

— اقترحت الستائر المعدنية من خارج الصورة Venecian Shades .

أجهزة قياس الضوء :

قياس الإشعاع على مدى الطيف كله معبراً عنه بوحدات مطلقة مثل الوات والارج والسعر أو وحدات قياس الإشعاع الشمسى .

أجهزة الإضاءة التكميلية :

يختلف تجهيز الصورة بمصادر الإضاءة الإضافية باختلاف أنواع المصابيح ، فمصباح الفلورسنت يمكن الحصول عليها بأطوال مختلفة ذات إضاءة قياسية ، Standard ٤٠ وات عالية أو عالية جداً وغالبا تثبت داخل الصورة في مجاميع من اثنين أو أكثر فوق النباتات مباشرة .

وتوجد نظم تحرك مصابيح الفلورسنت بامتداد عمرات الصورة ولو أنها تخفض تكاليف المصابيح والأسلاك إلا أنها تزيد تكلفة التشغيل الآلى .

قياس مستوى ثالى أوكسيد الكربون :

يستخدم جهاز خاص لتقدير تركيز هذا الغاز في هواء الصورة يتكون من مضخة يلوية صغيرة تضخ الهواء في أنبوبة زجاجية تحوى مادة كيميائية حساسة لثانى أوكسيد الكربون فيتغير لونها عند امتصاصها للغاز . وتدار المضخة عددا محدد من المرات ويقاس طول الأنبوبة الذى تحول فيه اللون ويعطى هذا القياس مستوى ثالى أوكسيد الكربون في الهواء الذى مر خلال الأنبوبة ولا تستخدم الأنبوبة غير مرة واحدة .

تجهيزات البيوت الزراعية :

تجهز البيوت الزراعية بالعديد من الأجهزة والأدوات خصوصا حيث

تكون التدفئة ضرورية وعندما يراد السيطرة الكاملة على ظروف النمو وتشمل التجهيزات بالإضافة إلى التدفئة لأجهزة التبريد والإضاءة والتضبيب والحقن بثاني أكسيد الكربون فضلا عن أجهزة القياس من ترمومترات وهيجمرومترات وقياس الاضاءة وغيرها .

كما يجب أن تكون التجهيزات المكتملة للصوبة قادرة على أعمال الإصلاح المختلفة ومكافحة الحرائق والوقاية منها .

إعداد الشتلات

لا ينصح عادة باستخدام البذرة مباشرة في أى طريقة من طرق الزراعة بدون أرض فالأفضل دائما هو تنبيت البذور خارجيا ثم نقل النباتات (الشتلات) إلى قنوات الغشاء الغذى أو غيرها .

كما لا ينصح بتنمية البذرة وإعداد الشتلة في التربة ثم نقلها إلى القنوات ولو أن ذلك يمكن اتباعه إذا كان أمراً ضرورياً ، فالشتلات التى تعد في التربة قد تكون حاملة لأمراض فطرية مختلفة كما أن تغير ظروف نمو الجنور تغيرا شديداً من التربة إلى الماء قد لا تتحملة الجنور . ويعمد البعض إلى تنمية الشتلات في بيئة رملية وتغذيتها بمحلول مغذٍ يحتوى جميع العناصر الضرورية .

وكثيراً ما تستتبت البذور بين طبقات من « قماش الجنيه » المرطب بماء الصنبور أو محلول مغذٍ مخفف ، وعندما تبدأ الجنديرات في اختراق القصرة — قشرة البذرة — تنقل إلى « شبكة إنبات » مصنوعة من قماش الشباك التى سبق غمرها في برافين ساخن حتى تحتفظ بغشاء دقيق منه وتقرد هذه الشبكة على طبق من الإنامل ذى حجم مناسب وتربط بإحكام تحت حافة الطبق ويصب محلول مغذٍ مخفف فوق الشبكة حتى يمتلئ الطبق ويصبح المحلول ملامسا فتوضع البذور المنبتة على الشبكة فتتمو وتعطى شتلات خالية من الأمراض . ويجب ملاحظة ملاومة تكملة المحلول إلى مستوى الشبكة كما كان خصوصاً في الأيام الحارة .

العناية بالشتلات :

لتقليل البخر في حالة تنمية الشتلات في البيئات الرملية يجب تغطية الوعاء الذى تنمو به الشتلات بطبق زجاجى أو شغلم ويرفع جزئياً بمجرد انبثاق النباتات من الرمل لتحصل على حاجتها من الهواء ولكن لا يرفع كلية إذا كان الجو جارا .

ويجب تجنب الأماكن الحارة عند إنبات البذور فالحرارة الزائدة تغطى نباتات ضعيفة وأفضل درجة حرارة لفترة الإنبات هي ١٥ — ٢٠°م وبعد إنبات البذور في الرمل تعرض للشمس لمدة لا تزيد عن ساعة واحدة في اليوم الأول وتزداد هذه المدة تدريجياً حتى تقوى النباتات على البقاء في الشمس طوال اليوم . وفي الجو الملائم يوضع صندوق الانبات في العراء مع وجود بعض الظل .

عملية الشتل (نقل الشتلات) :

عندما يصل طول الشتلات نحو ١٥ — ٢٠ سم تصبح صالحة للنقل . ويجب ملاحظة الحرص الشديد عند إخراج الشتلات من الرمل حتى لا تتمزق جذورها ، والطريقة المفضلة هي إغراق الرمل بالماء لتفكيك الجذور ثم ينزع كل نبات باستخدام ملعقة ويفضل إستخدام سباتولا خشبية .

عند غرس الشتلة في حالة بيئات المواد الحاملة لا توجد أى صعوبة في غرس الشتلة فيها أما في الهيلرويونيكس فتوضع في ثقب صغير في الشبكة والمرقد بحيث تنفذ الجذور من خلال الشبكة السلكية لتصل إلى المحلول المغذى أسفلها . ثم تضغط على الفرشة حول النبات لتثبته . ويجب مراعاة أن يكون مستوى المحلول المغذى بحيث يغطي أطراف الجذور وأجزاء مختلفة من الجذور نفسها في الفترة الأولى . إذ يجب ألا يغمر الجذر كله في المحلول ، ولذا يكفى بأن يغمر المحلول الأجزاء السفلى من الجذور وأن تترك مسافة بين قاع الصينية وبين سطح المحلول ، وبمداومة نمو النباتات ينخفض مستوى المحلول .

ولا ترفع الصينية من الأوعية خلال الأسبوعين أو ثلاثة الأسابيع الأولى بعد نقل الشتلات ، وقد سبق أن أشرنا إلى أهمية أن تكون الصينية أقصر من طول الرعاء حتى يمكن تنفيذ ما يتطلبه العناية بالهلول من عمليات .

أما في حالة نقل الشتلات إلى قنوات الغشاء المغذى فقد سبق أن أوضحنا ذلك .

وفي حالة النباتات الدرنية يحسن إتباع الآتي :

تقطع درنات البطاطس بحيث تحتوى كل قطعة برعما أو أكثر وتوضع هذه القطع في الرمل أو في نشارة الخشب التى تستمر مرطبة حتى تبدأ السويقة في البروغ ، وتتكون الجنور فتصبح قابلة للنقل . ولما كانت الجنور في هذا الطور شديد القصر فيجب وضع الدرنه مباشرة على سطح الشبكة السلكية في الصينية ويضغط عليها بجزء من الفرشة . وبمداومة النمو ترفع الدرنات تدريجيا بإدخال بعض الفرشة تحتها حتى تصبح الدرنه أبعد من الشبكة بعدة سنتيمترات مع ملاحظة أن تستمر الجنور في الهلول .

أما في حالة الإكثار من العقل فيمكن إنباتها في الرمل كما هي الحالة في الزراعة بالأرض ، غير أن إضافة العناصر المغذية إلى الماء تجعل خروج الجنور أسرع وأكثر ضمنا مما لو كان ترطيب الرمل بالماء دون مغذيات .

ومن الممكن استخدام بعض الهرمونات التى تشجع نمو الجنور في حالة الإكثار من العقل .

وفي حالة إكثار الابصال يجب لف كل بصلة على حدة في مادة الفرشة حتى لا يتشثر العفن ولا يوجد تقنيات أخرى غير ما يتبع في الزراعة العادية كما يحسن أن تظل حتى تبدأ الأزهار في التفتح .

إنتاج الشتلات باستخدام تقنيات زراعة الأنسجة :

مارس الزراع اكثار النباتات خضريا باستنبات أجزاء من هذا النبات منذ

وقت طويل ، فطريقة الاكثار بالعقلة أو بغرس فرع من النبات أو بغرس درنة ، كل ذلك أمر معروف لدى زراع الحاصلات والخضر ونباتات الزينة والأشجار على اختلاف أنواعها .

وحاول بعض الباحثين إكثار النبات باستخدام أجزاء من الجذر أو بلمتبات أوراقه ، وكانت محاولة عالم النبات الألماني Gottlieb Heberlandt استنبات أوراق بعض النباتات الزهرية سنة ١٩٠٢ أهم هذه المحاولات التي مهدت الطريق حتى سنة ١٩٣٠ ، ومنذ هذا الوقت استخدمت وسائل متطورة أدت إلى إمكان استنبات بعض الجذور المفصولة من بعض النباتات ، وفي سنة ١٩٣٨ أمكن إنبات نسيج الكالوس Callus من الجزر .

ومنذ سنة ١٩٦٠ تقدمت طرق استنبات مختلف أنسجة النبات حتى الخلية الفردية بل وبيروتوبلاست الخلية نفسها . ولم تلبث الطريقة أن شاعت ومارسها العديد من المتخصصين المدربين لإنتاج النباتات الإقتصادية على مستوى تجارى .

وتحقق طريقة إكثار النباتات باستنبات أنسجتها المختلفة عددا من المزايا التي لم تكن ميسورة بغير استخدام هذه الطريقة مثل الآتى :

— استخدام جزء صغير من النبات في عملية الاكثار مما يسمح باكثار آلاف النباتات من نبات واحد أو على وجه الدقة من عضو واحد من النبات المختار .

— تقتضى الطريقة السيطرة الكاملة على ظروف النمو وبذا يمكن استخدامها على مدار السنة .

— يمكن تجنب التدهور في صنف النبات الذى يصيب النبات عند إكثاره خضرًا بالطرق التقليدية .

— يمكن إكثار أصناف وأنواع النباتات التي يصعب إكثارها بالطرق الخضرية التقليدية .

- إكثار أصناف خالية من مسببات المرضية خصوصا الفيروسية .
- في مجال تربية النباتات تعتبر طريقة سريعة لإكثار الهجن الجديدة الناتجة من نبات واحد ، وكذا طريقة للحصول على نباتات أحادية التركيب الوراثي وذلك عن طريق استنبات التلك .

وفي طريقة الغشاء المغذى يقتضى الأمر الحصول على شتلات خالية من الأمراض وبذا لا ينصح بإعداد هذه الشتلات في التربة ، فالمعروف أن التربة ملوثة بالعديد من الكائنات الدقيقة الممرضة للنبات ، فطريقة الحصول على الشتلات من نباتات نتجت من استنبات الأنسجة ، تكفل خلو هذه الشتلات من مسببات الأمراض خصوصا وأن خطوات استنبات الأنسجة تتضمن كخطوة أساسية التعقيم الكامل لكل ما يتصل بالعملية كما سنوضح ذلك فيما يلي :

من الواضح أن لفظ زراعة الأنسجة لفظ عام فأنسجة النبات التى تستخدم في هذه التقنيات مختلفة ولكل نوع منها تقنية وشروط قد تختلف عما يتبع مع نسيج عضو آخر . وقد أمكن استخدام أنسجة من الأجزاء النباتية الآتية في هذه التقنية :

— مزارع الأعضاء النباتية مثل قمم الأفرع الخضرية وقمم الجنور وبراعم الأوراق وبراعم الأزهار والأجزاء الزهرية غير المتكاملة ، وكذا الثمار غير كاملة النمو .

- مزارع الأجنة وفيها تستخدم الأجنة كاملة أو غير كاملة النمو بعد فصلها .
- مزارع الكالوس Callus وهى كتلة من الخلايا .
- معلق الخلايا وتتكون من خلايا تنمى على يثات سائلة .

ويمر إكثار النباتات عن طريق استنبات الأنسجة بثلاث مراحل :

(أ) الزراعة في وسط معقم خالي من التلوث .

(ب) إنقسام وتضاعف النسيج النباتى .

(ج) تكوين الجاميع الجنرية والتهبة لنقل النبات الجديد إلى البيئة المستدية .

ويتطلب نمو الأنسجة والأعضاء المزروعة — مثل النباتات الكاملة — وجود جميع العناصر التى سبق ذكرها كألاح فى المحلول المغذى وهى النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والحديد والمنغنسيوم والكبريت والمنجنيز والنحاس والزنك والبورون والموليديم . ويجب توفير غاز الأوكسيجين ويضاف الكربون فى صورة سكر على خلاف ما سبق ذكره بالنسبة للنباتات الكاملة التى تستخدم ثنائى أوكسيد الكربون من الهواء الجوى ، كما يضاف إلى بيئة النمو أيضا الأحماض الأمينية ومجموعات فيتامينات وهرمونات النمو .

مراحل الاكثار *Propagation stages* :

سبق أن ذكرنا أنه يوجد ثلاث مراحل للاكثار بزراعة الأنسجة النباتية هي :

أولا : الزراعة فى وسط معقم بحال من التلوث :

فى هذه المرحلة يتم تحضير الجزء النباتى الملائم ويقتضى ذلك تعقيم السطح الخارجى لهذا الجزء النباتى للقضاء على جميع الأحياء الدقيقة الموجودة عليه ، وللتخلص من جميع أنواع التلوث . وتتم عملية التعقيم والتطهير كما يلى :

١ — غسل الجزء النباتى جيدا بماء الحنفية بوضعه تحت تيار مائى لمدة ساعة . وفى حالة وجود طبقة شمعية تغطى السطح الخارجى لذلك الجزء ينصح بنفسه بأحد المنظفات الكيميائية detergent حتى يكون هذا السطح أكثر قابلية للبلل .

٢ — يغمر الجزء النباتى المغسول بالماء فى محلول التعقيم الذى يحوى على

٥ - ٦٪ من هيدروكلوريد الصوديوم في ماء مقطر معقم . ويختلف تركيز هذه المادة في محلول التعقيم والفترة الزمنية اللازمة للتعقيم باختلاف أجزاء النباتات . ويضاف إلى محلول التعقيم بضع قطرات من مادة ناشرة مثل Tween 20 أو Polyoxyethylene أو غيرها لتساعد على إزالة التوتر السطحي للجزء الباقى المراد تعقيمه مع ملاحظة ضرورة تعقيم المادة الناشرة قبل اضافتها إلى محلول التعقيم باستخدام جهاز التعقيم .

٣- تغسل الأجزاء النباتية عدة مرات بماء مقطر معقم لإزالة ما تبقى من المادة المعقمة على السطح الخارجى للأجزاء النباتية .

٤- يقطع الجزء الباقى إلى أجزاء حسب الحجم المطلوب للزراعة ويزرع في البيئة السابق تجهيزها .

ثانيا : انقسام وتضاعف النسيج الباقى :

تتبع عدة طرق لتشجيع الأجزاء النباتية على الانقسام والنمو حتى تتكون نباتات جديدة كاملة :

١ - زراعة ونشوء البراعم الطرفية والجانبية :

يمكن تشجيع البراعم الطرفية والجانبية على النمو في البيئات الغذائية بحيث ينمو البرعم الواحد ليكون فرعاً واحداً أو عدة أفرع معتمداً في ذلك على نوع النبات والوسط الغذائى . وقد يحدث أن يتكون الكالوس Callus في منطقة اتصال البرعم مع الوسط الغذائى ومن ثم تخصص خلايا الكالوس مكونة منطقة مرستيمية تنمو وتطور إلى أفرع Shoots . والنباتات التى تسلك هذا النوع من النمو محدودة العدد من حيث إنتاجها أو تكوينها للنباتات الكاملة بطرق زراعة الأنسجة ، بالقياس إلى تلك التى تكون الكالوس Callus . وبشكل عام فإن هذه الطريقة يمكن تطبيقها مع عدد من النباتات الخشبية Woody plants والتى لها قدرة على إعطاء براعم عرضية Adrentitions buds التى لا تنجح في تكوين أجنة جسمية Somatic embryogenesis .

٢ - زراعة الأنسجة المرستيمية Meristem Culture :

تعتبر طريقة محورة لطريقة زراعة البراعم السابقة . وتتميز هذه الطريقة بانتشار استخدامها عن زراعة البراعم . والخلايا المرستيمية ذات قابلية عالية للانقسام وتكون خالية من مبادئ الأوراق leaf primordia وتقع في الجزء المتطرف جدا من الفرع .

٣ - نشوء الأفرع العرضية :

يمكن تشجيع نمو الأجزاء النباتية وتكوين نموات أخرى في يعضات غذائية صناعية في كثير من الأنواع النباتية . ومن هذه الأجزاء النباتية ، الجذور ، الأوراق والأفرع ... الخ . وتستخدم هذه النموات العرضية لإنتاج أعداد كبيرة من النباتات . وعلى سبيل المثال فإن ورقة نباتية واحدة يمكن أن تنتج آلاف البراعم أو الأفرع وجميعها يكون مطابقا وراثيا للجزء النباتي الذي أخذ منه .

٤ - تكوين الجنين الجسمي Somatic Embryogenesis :

يستخدم تكوين الجنين الجسمي في إنتاج الأعداد الكبيرة من النباتات . إذ يمكن أن تتحول الخلية المفردة لتنتج جنينا أو جزءا نباتيا معينا يتحول فيما بعد إلى نبات كامل . واستخدمت هذه الطريقة بنجاح مع العديد من النباتات الراقية مثل الجزر والبيتونيا .

ثالثا : تكوين المجموع الجذرية والتجهيز لنقل النبات الجديد إلى البيئة المستديمة :

من المحتمل أن تتكون لعدد من الأفرع الناتجة في الوسط الغذائي جنود ، إلا أنه من الأفضل نقلها بعد تجزئتها إلى وسط غذائي آخر لتكون مجاميع جذرية جيدة ثم تنقل إلى البيئة المستديمة .

وتفقد النباتات بعد إخراجها من الوسط الغذائي ونقلها إلى البيئة المستديمة ، كمية كبيرة من الماء عن طريق الأوراق . وقد يموت بعض الأفرع بعد نقلها

إلى البيعة المستديرة نتيجة ذبول النباتات . ويمكن التغلب على مشكلة الذبول
بعده طرق كما يلي :

١ — تعريض النباتات إلى شدة إضاءة عالية تتراوح بين ٣٠٠٠ — ١٠,٠٠٠
شمعة ضوئية .

٢ — تغطية النباتات بنطاء بلاستيكي ، ويرفع هذا الغطاء تدريجيا حتى تتأقلم
النباتات وفق ظروف البيت الزجاجي .

٣ — استخدام الري الضبابي Mist irrigation لمدة أسبوع أو اثنين بعد نقل
النباتات إلى الصوبة .

مزارع الكالوس Callus Culture :

يعتمد نجاح تكوين الكالوس بصورة رئيسية على الوسط الغذائي والظروف
البيئية المحيطة . ويوجد عدد قليل من الأنسجة النباتية لا يستجيب إلى تكوين
الكالوس في الوقت الحاضر .

ولقد تم تنمية وفصل الكالوس من الأجزاء النباتية للنباتات المزهرة بنجاح
خاصة من ذوات الفلقتين . كما أوضحت البحوث إمكان تكون الكالوس أيضا
من نباتات ذوات الفلقة الواحدة . وبشكل عام يمكن القول إن جميع النباتات
لها القدرة على إنتاج الكالوس عند زراعة أجزاء منها في أوساط غذائية مهيأة
لهذا الغرض . ومن هذه الأجزاء :

- | | |
|--------------------|-----------------------------------|
| Vascular Cambia | ١ — النسيج المرستيمي الوعائي |
| Storage Parenchyme | ٢ — الخلايا البرنشيمية المخزنة |
| Catyledons | ٣ — منطقة الفلقات |
| Pericycle of roots | ٤ — منطقة الدائرة المحيطة بالجذور |
| Endosperm | ٥ — الأندوسبيرم |
| Leaf mesophyll | ٦ — النسيج الوسطي للأوراق |
| | ٧ — أنسجة مرستيمية أخرى . |

هذه الأجزاء يمكن أن تنمو وتعطى كتلا من الأنسجة غير المميزة وذلك إذا زرعت على بيئة مغذية تحتوي على أملاح معدنية وجلوكوز والحمض الأميني سيستين والثيامين واندول حمض الخليك ، وتعرف هذه الأنسجة باسم الكالوس .

وقبل الحصول على نسيج الكالوس ، يجب تعقيم الجزء النباتي الذي سيفصل من النبات . فإذا كان هذا الجزء النباتي سيفصل من شتلة أو بادرة صغيرة يجب تعقيم البكرة قبل زراعتها وتشربها للماء وانتفاخها . كما يجب إنبات هذه البذور تحت ظروف معقمة . بعد ذلك يمكن فصل العضو النباتي الملانم . باستخدام مشرط حاد معقم ثم ينقل الجزء النباتي المفصول إلى بيئة آجار مغذية . أما إذا كان الجزء النباتي الذي سيفصل ناضجا كجذر الجزر أو درنة البطاطس ، فيعقم العضو النباتي قبل فصل قطعة النسيج منه ويفضل أن يكون النسيج المفصول من داخل العضو النباتي . وتختلف المدة اللازمة لتكشف نسيج الكالوس حتى يبلغ الحجم الذي يمكن معه أخذ أجزاء منه (٥٠ - ١٠٠ ملليجرام) وإعادة زراعتها في بيئة طازجة جديدة بين ٣ و ٨ أسابيع .

الوسط الغذائي القياسي :

إن تكشف نسيج الكالوس لا يحتاج إلا إلى بيئة مغذية بسيطة . هذه البيئة هي خليط من أملاح العناصر الغذائية مع السكر كسكر كبريتات البوتاسيوم . إلا أنه في بعض الحالات يحتاج لتكشف الكالوس إلى العديد من المواد الأخرى الواجب إضافتها إلى الوسط الغذائي ليصبح ملائما لنموها ، ومن أهم هذه المواد المضافة إلى الوسط الغذائي الفيتامينات ، الأحماض الأمينية ، السكر الكحول ، الأوكسينات وبقية منظمات النمو الأخرى مثل الجيرالين EDTA ، والكتينين أو الهند وكذلك قد تضاف بعض المركبات ذات التركيب المعقد مثل خلاصة الخميرة Yeast extract ، وعصير الطماطم ، ومسحوق السمك وغيرها .

وتجدر الإشارة هنا إلى أن الوسط الغذائي الملائم لمو جزء نباتي معين ويحفزه على تكوين الكالوس ، ليس من الضروري أن يكون ملائما لمو وتخصص الكالوس . وعادة يضاف الآجار Agar أو الجيلاتين gelatin لزراع أنسجة الكالوس لجعل الوسط الغذائي صلبا أو ذا قوام هلامي كما استعمل مؤخرا أنواع من الاكريليل أمايد acrylamide . ويضاف الآجار إلى الوسط الغذائي بتركيز ٦ ، — ١٪ (وزن /حجم) وأفضل أنواعه هو Difco Nobel .

وفي الوقت الحاضر يفضل استبعاد الأوساط الغذائية الصلبة من معظم الأبحاث واللجوء إلى الأوساط الغذائية السائلة . فقد لوحظ أن الاستفادة من الوسط الغذائي الصلب محدودة . وجدول رقم ٢٣ يوضح المهترى غير العضوى والمعضوى لبيئة تناسب نمو كالوس الجزر وكثير من الأنواع النباتية :
اعداد بيئة الزراعة :

تعتبر الأنسجة المزروعة ذات حساسية عالية للسمية التى تنتج عن استخدام كيمائويات غير نقية أو استخدام ماء غير مقطر ولذا يجب الحصول على هذه الكيمائويات على درجة عالية من النقاوة لتحضير البيئة ، ويفضل أن تحضر محاليل الكيمائويات المطلوبة فى صورة مركزة ، وتخلط عند تجهيز البيئة بالنسبة المطلوبة ، وهذه المحاليل هى :

(أ) محلول الأملاح المعدنية المختلفة (بدون مصدر الحديد) :

ولتحضير لتر واحد من هذا المحلول Stock solution تذاب الأملاح واحدا بعض الآخر فى ٧٥٠ مل من الماء المقطر ثم تكمل بعد ذلك إلى حجم لتر .

(ب) محلول الحديد :

ويحضر محلول مركز حوالى ١٠ مرات قدر تركيز المحلول الذى سيستخدم فى البيئة ، ثم يخزن المحلول على درجة حرارة ٥° م .

(ج) محلول يشمل الفيتامينات والجليسين :

ذو تركيز حوالى ١٠٠٠ مرة قدر تركيز المحلول النهائي الذى سيضاف للبيئة ، يقسم المحلول إلى أحجام صغيرة (٥ مل) فى عبوات خاصة تخزن فى مجمد Freazer ، فى حالة عدم توفر المجمدات يحضر المحلول طارحاً عند الإستعمال .

(د) محاليل مركزة من الهرمونات كما يلى :

١- محلول 2,4-D : ويحضر بإذابة ٣٠ مجم من 2,4-D فى ٢ مل ايدروكسيد الصوديوم (١ ع) ثم التخفيف بالماء المقطر إلى ١٠٠ مل .

٢- محلول الكيتين Kinetin stock solution : ويحضر بإذابة ٧,٥ مجم كيتين فى ٢ مل حمض هيدروكلوريك (١ ع) تخفف إلى لتر بالماء المقطر .

وعند تحضير البيئة يجب عدم خلط المحاليل عشوائياً ، إذ أن ذلك قد يسبب ترسيب بعض الأملاح المعدنية ، ولكن يجب خلط البيئة بالطريقة الآتية للحصول على حجم لتر واحد من البيئة :

١- يضاف ٢٠ جم سكروز إلى ٦٠٠ مل ماء مقطر فى دورق سعته ٢ لتر .

٢- يضاف إلى ١٠٠ مل من كل من محاليل أ ، ب ، واحد مل فقط من محلول ج مع التقليب جيداً قبل كل اضافة ويخلط مع محلول السكر (١) .

٣- يصب المخلوط السابق ١ و ٢ فى خنبار سعته لتر ، يكمل الحجم إلى ١ لتر بإضافة الماء المقطر ثم يعاد المخلوط مرة أخرى إلى دورق سعة ٢ لتر .

٤- يضبط pH البيئة على ٥,٥ وذلك بإضافة قطرات من محلول هيدروكسيد الصوديوم أو حمض هيدروكلوريك (١ ع) .

٥- يضاف ٥,٠ مل من محلول 2,4-D لكل لتر ييعة .

٦- يضاف ٢٠ مل من محلول الكيتين لكل لتر ييعة .

٧- بعد ضبط pH الييعة على ٥,٥ يضاف مسحوق الآجار .

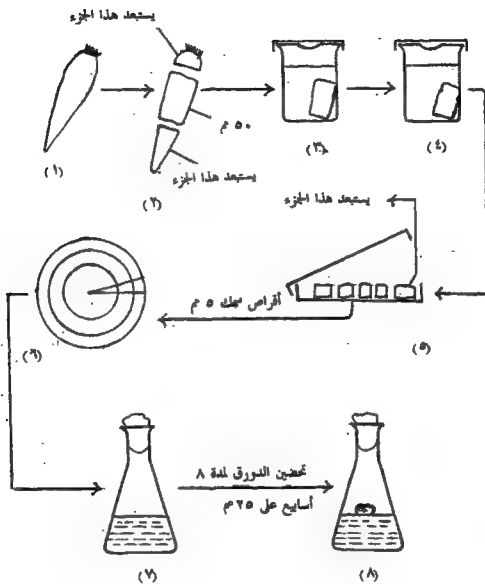
جدول رقم ٢٣

المحتوى العضوى والغير عضوى لبيعة تناسب كثير من الأنواع النباتية

المحتوى لكل لتر (بيعة (ملجم)	المكونات
	أملاح غير عضوية :
٧٩٠	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ كبريتات أمونيوم
٢٩٠	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ نترات كالسيوم
٧٣٠	$\text{Mg SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ كبريتات مغنسيوم
٩١٠	KCl كلوريد بوتاسيوم
٨٠	KNO_3 نترات بوتاسيوم
١٨٠٠	NaNO_3 نترات صوديوم
٤٥٠	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ كبريتات صوديوم
٣٢٠	$\text{Na H}_2\text{PO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ فوسفات صوديوم ثنائى الهيدروجين
١,٥	H_3BO_3 حمض بوريك
٠,٠٢	$\text{Cu SO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ كبريتات نحاس
٦,٠	$\text{Mn Cl}_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ كلوريد منجنيز
٦,٠	$\text{Mn Cl}_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ كلوريد منجنيز
٠,٧٥	KI أيوديد بوتاسيوم
٢,٦	$\text{Zn SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ كبريتات زنك
٠,٠٠٠١٧	H_2MoO_4 حمض مولبدنيك
	Iron source :
٣,١	$\text{Fe Cl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ كلوريد حديدك
٨,٠	(EDTA) صوديوم إيثيلين داي أمينوتترا استيات

	فيتامينات ومواد أخرى :	Vitamins, etc
١٠٠	ميزو - أنترجول	
٣٠	جليسين	
٢١	أنثرون هيدروكلوريد	
٢١	بيروكسين هيدروكلوريد	
٢٥	حمض النيكوتينيك	
	بدائل الهرمونات :	Hormone substitutes
٢١٥	٢ ، ٤ - داي كلورو فينيلوكس اسيتك أسد	
٢١٥	٦ - فورفيريل أمينو يورين (كيتين)	
	مصدر كربون :	Carbon source
٢٠٠٠	السكرز	
	آجار :	Agar
٧٠٠	أوكسيد رقم ٣	

٨- توضع البيئة في دوارق أو زجاجات سعة ٢ لتر وتعقم في الاتوكلاف تحت ضغط ١٥ رطل على البوصة المربعة لمدة دقيقة لينوب الآجار وترج البيئة جيدا ثم تصب وهي مازالت ساخنة في دوارق أو برطمانات (٥٠ مل /دورق) أو أنابيب الزراعة (٢٠ مل /أنبوبة) . ثم تسد فوهات الأواني بسدادة من القطن وتغطى كل منها بغطاء من الألومنيوم ثم تعقم في الاتوكلاف لمدة ١٥ دقائق وعلى ضغط مقداره ١٥ رطل على البوصة المربعة .



شكل رقم (٣١) — خطوات تنشيط مزارع الكالوس لنبات الجزر

كيفية الحصول على نسيج الكالوس من جذور الجزر :

يمكن الحصول على نسيج الكالوس من جنود نبات الجزر باتباع الخطوات التالية :

١- يغسل الجنر الودى للجزر بالماء الجارى مع ملاحظة عدم تخرج الأسطح الخارجية له .

٢- تؤخذ قطعة بطول ٥٠ مم من الجزء الوسطى للجنر كما هو موضح بالشكل رقم ٣١ .

٣- توضع قطعة الجنر فى دورق معقم ثم تعقم بتغطيتها بمحلول كلوريد الزئبق لمدة ٣٠ دقيقة .

٤- تنقل قطعة الجنر إلى دورق معقم آخر وتزال آثار كلوريد الزئبق بالماء المقطر عدة مرات .

٥- تنقل قطعة الجنر إلى طبق بترى معقم باستخدام ملقط معقم ثم باستخدام مشروط معقم يزال قرص سمكه ١٠ مم من نهاية النسيج (وهذه تستبعد) ثم يقطع الجزء الباقي إلى أقراص بسلك ٥ ملليمترات ، ينقل كل قرص إلى طبق بترى مستقل ومعقم .

٦- تقطع مكعبات من القرص (حوالى ٥ ملليمتر مكعب) من منطقة الكامبيوم .

٧- ينقل كل مكعب من هذه المكعبات على حده ويوضع باحتراس على سطح يعة الزراعة فى الدورق المخصص أو انبوبة الاختبار ، ثم تحضن الدوايق على درجة حرارة ٢٥° م .

٨- يبدأ ظهور نسيج الكالوس بعد ٢ - ٣ أسابيع .

٩- بعد ٦ - ٨ أسابيع يصبح من الضروري نقل نسيج الكالوس إلى يعة طازجة فتنقل كتلة الكالوس إلى طبق بترى معقم باستخدام ملقط معقم أيضا ، ثم تقطع كتلة الكالوس إلى قطع صغيرة (١٠٠ مجم) ، وتنقل كل قطعة على حدة إلى دورق يحتوى على يعة طازجة .

تكون الأعضاء النباتية من الكالوس :

الكالوس كتلة نباتية غير مميزة وبدون شكل محدد ، وقد اتضح أن هذه الكتلة غير المميزة يمكن أن تتكون منها جنور أو براعم كمقدمة للنمو الخضري حسب نسبة الاوكسين والكايبتين ، فإذا كانت نسبة الأول إلى الثاني مرتفعة أدى ذلك إلى تكون مبادئ الجنور ، أما إذا كانت نسبة الكايبتين إلى الأوكسين هي المرتفعة يزداد الميل إلى تكون البراعم الخضرية ، أما إذا كانت نسبة هذين المركبين متوسطة تستمر خلايا الكالوس غير المميزة في النمو .

وقد اتضح أيضا أن إضافة بعض المكونات للبيئة التي ينمو بها الكالوس مثل السكر والأحماض الأمينية وأيونات الفوسفات تغير نتيجة العلاقة بين الاوكسين والكايبتين التي أشرنا إليها إلى حد ما ولكنها لا تغيرها تغييرا أساسيا .

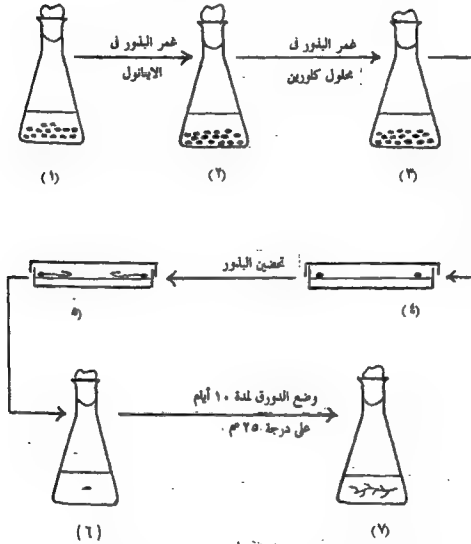
زراعة الأعضاء النباتية Organs Culture :

(أ) الجذور Roots :

يمكن اتباع الخطوات التالية لزراعة الجذور المفصولة لنبات الطماطم :

- ١- تغسل البذور بتغطيتها بكحول الايثانول ٨٠٪ لمدة دقيقة واحدة ثم نتخلص منه ونغسل البذور بمحلول الكلورين ونترك في الدورق (سعة ١٠٠ مل) لمدة عشر دقائق مع رجه بصفة مستمرة ثم نتخلص من المحلول وتغسل البذور بالماء المقطر ثلاث مرات .
- ٢- تنقل كل ٦ - ١٠ بذور باستخدام ملقط معقم إلى طبق بترى معقم يحتوي على ورق ترشيح مندى .
- ٣- توضع الأطباق في حضان مظلم لمدة ٥ أيام على درجة ٢٥° م .
- ٤- تفصل قمم الجنور بطول ١٠ ملليمتر باستخدام مشرط حاد معقم وتنقل بحذر إلى الأنبوبة المحتوية على بيئة الزراعة .

٥- بعد وضع المزارع لمدة ١٠ أيام على درجة ٢٥°م نجد أن قمة الجنفر قد نمت واستطالت حتى وصلت إلى طول ١٠٠ - ٢٠٠ ملليمتر مع ظهور جنود جانبية عديدة . وإذا حدث أى تلوث فطرى أو بكتيرى فإن الجنود لا تنمو وتظهر عكارة فى البيئة .



شكل رقم (٣٢) - خطوات زراعة الجنود المفصولة لنبات الطماطم

ويمكن زيادة عدد مزارع الجذور بأخذ قسم الجذور الجانبية المتكونة وإعادة زراعتها بنفس الطريقة السابقة (شكل رقم ٣٢) .

اعداد بيعة الزراعة :

تحتوى بيعة الزراعة على المواد الكيميائية المبينة فى جدول رقم ٢٤ ومقادير كل منها اللازمة لتجهيز لتر واحد من البيعة . ويمكن عمل محاليل مركزة لاعداد ١ لتر من البيعة وذلك بالتابع نفس الطريقة التى سبق ذكرها لاعداد بيعة الكالوس ما عدا إضافات الهرمونات والكيتين والآجار . ونخلط البيعة بالطريقة الآتية للحصول على حجم لتر واحد من البيعة :

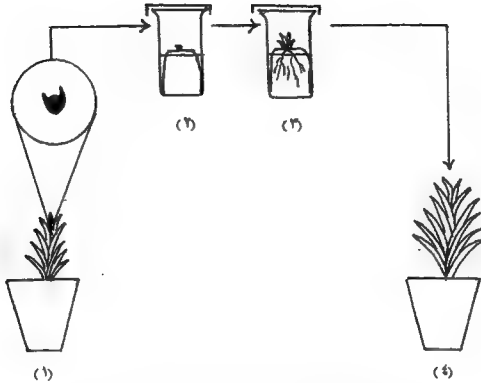
- ١- يضاف ٢٠ جم سكروز فى ٦٠٠ مل ماء مقطر فى دورق سعته ٢ لتر .
- ٢- يضاف ١٠٠ مل من كل من محاليل أ (الأملاح المعدنية) و ب (محلول الحديد) ، واحد مل فقط من محلول جـ (الفيتامينات والجلوسين) ثم تقلب البيعة جيدا قبل أى إضافة .
- ٣- يصب المخلوط السابق (٢،١) فى عنبار سعة لتر ، يكمل الحجم إلى ١ لتر بإضافة الماء المقطر ثم يعاد المخلوط مرة أخرى إلى دورق سعة ٢ لتر .
- ٤- يضبط رقم pH البيعة بحيث يتراوح بين ٤,٨ — ٥ وذلك بإضافة قطرات من محلول هيدروكسيد الصوديوم ١,٠ ع أو حمض هيدروكلوريك ١,٠ ع .
- ٥- تصب البيعة فى أواني الزراعة (أنابيب — دوارق مخروطية — برطمانات) بمعدل ٥٠ مل بيعة لكل إناء ، ثم تسد الفوهة بسدادة من القطن النظيف ، وتغطى السدادة بغطاء من ورق الألومنيوم ، ثم تعقم فى الأتوكلاف لمدة ١٠ دقائق وعلى ضغط مقداره ١٥ رطل لكل بوصة مربعة .

جدول رقم ٢٤

المحتوى العضوى والغير عضوى لبيئة تناسب زراعة
الجدور المفضولة لنبات الطماطم

لتر بيئة (ملجم)	المحتوى لكل المكونات
	أملاح غير عضوية :
٢٩٠	$\text{Ca (NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2 \text{O}$ نترات كالسيوم
٧٣٠	$\text{Mg SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2 \text{O}$ كبريتات منسيوم
٦٥	KCl كلوريد بوتاسيوم
٤٥٠	$\text{Na}_2 \text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2 \text{O}$ كبريتات صوديوم
٢٢	$\text{Na H}_2 \text{PO}_4 \cdot 2 \text{H}_2 \text{O}$ فوسفات صوديوم ثنائى الهيدروجين
١٠٥	$\text{H}_3 \text{BO}_3$ حمض بوريك
٠.٢٥	$\text{Cu SO}_4 \cdot 5 \text{H}_2 \text{O}$ كبريتات نحاس
٦٠	$\text{Mn Cl}_2 \cdot 4 \text{H}_2 \text{O}$ كلوريد منجنيز
٠.٠٠٠١٧	$\text{H}_2 \text{Mo O}_4$ حمض موليبدنيك
٠.٧٥	K I أيوديد بوتاسيوم
٢.٦	$\text{Zn SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2 \text{O}$ كبريتات زنك
	مصدر الحديد :
٣.١	$\text{Fe Cl}_3 \cdot 6 \text{H}_2 \text{O}$ كلوريد حديدك
٨٠	(EDTA) صوديوم إيثيلين داي أمينوتترا استيات
	Vitamins, etc : فيتامينات ومواد أخرى :
٠.١	أنيورين هيدروكلوريد
٠.١	بيريدوكسين هيدروكلوريد
٠.٥	حمض النيكوتينك
٣.٠	جليسين
	مصدر الكربون :
٢٠٠٠٠.٠	السكرز

★ درجة حموضة هذه البيئة = (4.8 - pH)



شكل رقم (٣٣) — كيفية انتاج نباتات خالية من الفيروسات
عن طريق زراعة القمم النامية للأفرع الخضرية

(ب) قمم الأفرع الخضرية Shoot tips :

لزراعة القمم النامية — المرستيمية — الموجودة في نهاية قمة الفرع الخضرى أهمية خاصة فهذه القمم المرستيمية عادة خالية من الفيروس بينما قد يكون النبات موبوءا به . ويتبع في هذه الحالة تقنية خاصة بزراعة هذه القمم على « قنطرة » من ورق الترشيح تثبت فوق بيئة سائلة (شكل رقم ٣٣) ، ثم ينقل النبات بعد تكون الجذور ويكون هذا النبات خاليا من الفيروس .

وعند زراعة هذه القمم تكون جنورا وأفرعا وبهذا يتكون منها نبات جديد . وقد يتكون من هذه القمم كالوس يتحول إلى بادىء كورمات Protocorms تفصل كل واحدة منها وتنمى في بيئة جديدة تعطى نباتا جديدا

ويتبع ذلك فى انتاج نباتات الوركيد بسرعة على نطاق تجارى مع انخفاض التكلفة كما أصبحت هذه الطريقة شائعة الاستخدام فى العديد من نباتات الحضر والزينة والفراولة وغيرها .

تجهيز معمل زراعة الأنسجة :

يجب أن يلاحظ عند انشاء معمل لزراعة الأنسجة الآتى :

لما كانت عمليات زراعة الأنسجة تعتمد اعتمادا أساسيا على النظافة والتعقيم فيجب اختيار موقع على درجة عالية من النظافة بعيد عن الأتربة ويراعى فى تصميمه :

— استخدام مواد بناء تسمح بعمليات التنظيف الكامل للأرضيات والحوائط .

— يجهز المعمل بالطاقة الكهربائية ويجب أن يتوفر مولد كهربائى احتياطى يستخدم فور انقطاع التيار الكهربائى أوتوماتيكيا .

— يجهز المعمل بجهاز للتحكم فى درجات الحرارة .

— يقسم المعمل إلى مناطق طبقا لنظام العمل : موقع للتسيل والتنظيف يجالوره جهاز التعقيم ثم موقع لتخزين الزجاجيات والأدوات التى تم تنظيفها وتعقيمها ثم موقع العمل .

الأجهزة التى يحتوى معمل زراعة الأنسجة :

يحتوى المعمل على العديد من الأجهزة أهمها :

- جهاز تقطير الماء .
- الحضانات Incubators .
- المعقم Autoclave ومرشحات معقمة .
- مصابيح أشعة فوق بنفسجية .
- ميكروسكوب ، جهاز طرد مركزى ، ميزان حساس .

— أجهزة تحليل لونية .

— جهاز تقدير رقم pH .

كما يحتوى المعمل عادة على العديد من المواد الكيميائية سواء لاعداد البيئات المناسبة أو التقديرات المعملية التى قد يحتاج إليها .

ويجوز معمل زراعة الأنسجة عادة صوبة تستكمل فيها النباتات نموها حتى الحجم المناسب لنقلها إلى البيئة المستديرة .

الزجاجيات :

تستخدم الزجاجيات في جميع خطوات زراعة الأنسجة واكثرها شيوعا الدوارق المخروطية Erlenmeyer flasks سعة ١٠٠ مل .

ويجب استخدام زجاجيات خالية من الصوديوم Monex أو Pyrex حتى لا يحدث تسمم للنبات من صوديوم الدوارق أو الأنايب .

وتستخدم أيضا الماصات بأحجام مختلفة ودوارق معيارية ١٠٠ مل ، ١ ، ٢ لتر وأقماع زجاجية واطباق بترى ٩ سم ونخاير مدرجة وكؤوس مختلفة الأحجام وأنايب اختبار ذات حجور مختلفة .

تسد فوهات الزجاجيات باستخدام قطن غير ماص ثم غطاء من ورق الألومنيوم يمنع بلل السدادات القطنية اثناء التعقيم .

تنظيف الزجاجيات :

تستخدم كثير من المعامل الكيميائية مخلوط التنظيف المكون من حامض الكروميك والكبريتيك فتغمر فيه الزجاجيات ثم تغسل جيدا ثم توضع في تيار ماء جار لفترة ٥ دقائق ثم تغسل بالماء المقطر المعقم مرتين متواليتين .

وقد تستخدم أيضا مساحيق تنظيف خاصة وماكينات لغسيل الأواني مع الماء الد من بدلا من مخلوط حامض التنظيف ثم تنقل الزجاجيات إلى أفران خاصة حتى تجف تماما ثم تخزن بعيدا عن الأتربة .

غرفة الزراعة :

إما أن يخصص غرفة تتم فيها عمليات الزراعة أو يكتفى بتخصيص منطقة بالمعمل للزراعة وذلك حسب حجم العمل .

وغرفة الزراعة أو المنطقة المخصصة لها يجب أن تكون نظيفة خالية من الأتربة ومعقمة ويتطلب ذلك الآتي :

— أن تكون جدار الغرفة والأرضية من السيراميك أو تطلّى بطلاء ابيض يسمح بنسائها بالماء .

— يجب أن يتوفر فيها الضوء بقدر مناسب حسب الحاجة .

— جهاز تكييف الهواء لا غنى عنه .

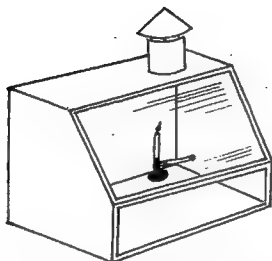
— منضدة التعقيم تقوم بتقمية الهواء المحيط بها إلى درجة عالية من النقاء . وهى مختلفة الأحجام حسب حاجة العمل ، وفى حالة تخصيص غرفة للزراعة تكون هذه المنضدة أحد مكوناتها الأساسية .

— مصباح للأشعة فوق البنفسجية .

— تنظف منضدة الزراعة بعد كل زراعة وتغسل بالكحول اسبوعيا .

— يمكن استخدام صندوق الزراعة Inoculation hood (شكل رقم ٣٤) إذا لم يكن حجم العمل يستحق منضدة تعقيم أو عدم كفاية الميزانية ويجب تنظيفه نظيفا كاملا خصوصا سطحه الداخلى باستخدام قطعة من القطن المبللة بالكحول وكلنا نحفظ الأدوات المعدنية فى دورق يحوى كحول .

ويجب تعقيم الجو الداخلى قبل تلؤل التسيج والوراثة وذلك بوضع لب أسفل المدخنة الموجودة بسقف الصندوق .



شكل رقم (٣٤) — رسم تخطيطي لصندوق الزراعة مصنوع من
شرائح معدنية وزجاج

غرفة التمية :

بعد زراعة الأجزاء النباتية في البيئات الملائمة لها تنقل إلى حضانات خاصة أو إلى غرف ذات درجة ثابتة التي يجب أن يتوفر فيها مصدر للإضاءة ذو الشدة المطلوبة . وفي حالة الرغبة في تنمية اجزاء نباتية في الظلام تغلف الأنابيب بورق الألومنيوم أو أى ورق آخر بحيث لا يتسرب الضوء إلى الوسط الغذائى .

الإصابة بالأمراض ومكافحتها

الإصابة المرضية :

عندما بدأت فكرة تقنيات الغشاء المغذى أثار المتشائمون — وكانوا هم الأغلبية — أن أحد أسباب عدم قابلية هذا النظام للتطبيق هو أن مجرد دخول أحد الكائنات المرضية قناة واحدة يؤدي إلى انتشاره خلال النظام كله عن طريق المحلول الدائر وسرعان ما يتلف كل المحصول . ولذا فاستخدام هذا النظام تجاريا مغامرة كبيرة لا يقبلها أى مستثمر .

ويجب أن نوجه النظر إلى حقيقة أن مجتمع الكائنات الدقيقة *microfloral* population في قناة الغشاء المغذى يشابه مجتمع الكائنات الدقيقة في التربة التي تحت هذه القناة .

ولكن ما هو السبب في عدم إنتشار الأمراض بسرعة عن طريق المحلول الدائر كما كان متوقعا . أحد الافتراضات هو أن بعض الكائنات المرضية في التربة تحتاج إلى ضرر ميكانيكي للجذر لتجد لها مدخلا في النبات . وفي التربة يحدث هذا الضرر الميكانيكي بتلف للشعيرات الجذرية نتيجة تحرك الجنور خلال الحبيبات الصلبة في التربة . أما في نظام الغشاء المغذى فالشعيرات الجذرية تكون قليلة ولا توجد حبيبات صلبة ليحدث ضرر ميكانيكي في الشعيرات الجذرية . وفي التربة يحدث الضرر الميكانيكي أيضا بالحشرات القارضة . أما في نظام الغشاء المغذى فلا يوجد مثل هذه الحشرات في القنوات . ولغذه الظروف والأسباب فالعدوى تقل للجنور في نظام الغشاء المغذى .

ومن مخاوف استخدام الغشاء المغذى عند بدء زراعة الطماطم تحت الصوب هو الإصابة بفيروس موزيك الطباقي *Tobacco mosaic* الذي يمكن أن ينتشر بسرعة لكل نبات في المنشأة عن طريق المحلول الدائر . فالمعروف أن فيروس موزيك الطباقي ينتشر بسرعة من نبات إلى نبات ، فعل سبيل المثال ، تنتشر العدوى به عن طريق اتلاف العمال للشعيرات والسيقان وكسر الأفرع الخضرية الجانبية . ومن المعروف أيضا أن المحصول الذي يزرع في أرض مصابة بفيروس موزيك الطباقي *Tobacco mosaic* يحدث له عدوى . ولقد اختبر كوبر Cooper هذه المخاوف عن طريق زراعة الطماطم في خط مفرد في منشأة الغشاء المغذى ثم قام بعمل عدوى للنبات الأول في بداية القناة بفيروس موزيك الطباقي . وبعد فترة ظهرت اعراض المرض على النبات . وبفحص المحلول الدائر تحت الميكروسكوب الإلكتروني اتضح وجود الفيروسات في المحلول ومن المحتمل أنها نزت *exuded* من النباتات المصابة ثم انتشرت في المحلول الدائر .

وقد اتخذت كافة الاحتياطات لمنع أى إنتشار للمرض عن طريق الملامسة وذلك بعدم ملامسة أى نبات فى الصف . وخلال الشهور الثلاثة الأولى من المحاولة لم يصب أى من النباتات الأخرى فى الحظ . هذه المحاولة البسيطة لا تكفى قطعاً لاتخاذ أى قرارات فى هذا الشأن ولكنه من التجارب والخبرة التجارية اتضح أن الفيروس المنتشر لا يظهر على محاصيل الغشاء المغذى بسرعة أكبر من انتشاره فى المحاصيل المزروعة بالطرق العادية .

ولقد قام ستونتون Staunton بمحقن الطماطم فى الغشاء المغذى بخمسة جراثيم مرضية ووجد أن اعراض مرض الذبول قد ظهرت بعد ٢١ يوما من العدوى بالفطر *Fusarium Oxysporum lycopersici* ، وقد انتشر المرض ببطء وبعد ٤ شهور كان $\frac{3}{4}$ النباتات قد أصيبت . غير أن أغلب النباتات قاوم المرض وأتم دورة حياته وأنتج محصولاً جيداً بينما النباتات التى نمت فى بيئة صلبة كانت قد ماتت . ويخلص Staunton من دراساته إلى أن الأصابات المرضية لمحاصيل الغشاء المغذى لا تسبب مشكلة أكبر منها فى زراعة هذه المحاصيل بالطريقة العادية .

مكافحة الأمراض :

يمكن تطبيق الطرق العادية المستخدمة فى مكافحة الأمراض فى المحاصيل المزروعة بالطريقة العادية على محاصيل تقنيات الغشاء المغذى . على أنه يحسن الاحتياط بعدم توجيه الرشاشة إلى قناة الغشاء المغذى فى حالة ما إذا كانت مادة الرش ذات تأثير غير مرغوب على المحلول حول الجنور .

ومكافحة الأمراض بالنسبة لمحاصيل الغشاء المغذى هى إجراءات مكافحة الأمراض الناتجة من التربة وإضافة مواد المكافحة عن طريق الجنور .

ولما كانت منشأة الغشاء المغذى نظاماً مقفلاً مع حجم ثابت من السائل باستخدام صمام يتحكم فى إمداد الماء إلى النظام ، فمن الممكن أن نعتبر إضافة

ما يسمى أدوية وقائية Preventive medicine إلى محاصيل الـ NFT . فأى مواد تمنع نمو الكائنات المرضية في المحلول الدائر دون أن يكون لها تأثير ضار على المحصول يمكن إضافتها إلى المحلول بالتركيز الملائم . ويمكن إضافة ٢٠ جزء في المليون من اتريديازول Etridiazole ، وبالرغم أن مثل هذا التركيز لا يسبب تأثيرا ضارا على محصول مقاوم مثل الطماطم ، فقد يكون له تحت ظروف الـ NFT تأثير ضار على المحاصيل الحساسة مثل الخيار . ومادة الـ اتريديازول Etridiazole بتركيز ٢٠ جزء في المليون لا تقتل الفطريات Fungi ولكنها تثبط نموها . ولذلك فمن الضروري إضافة الـ اتريديازول بانتظام لانه يتحلل ، ويتأثر معدل انحلاله بعوامل كثيرة . غير أنه من المحتمل أن اضافته بكمية كافية لمعطى تركيزا قدره ٢٠ جزء في المليون كل ٦ أسابيع يكون مناسباً .

والـ اتريديازول Etridiazole متوفر تجارياً تحت الاسم التجارى أتر Aatre وهو مسحوق قابل للابتلال Wettable powder يحتوى ٣٥٪ من المادة النشطة. من الـ اتريديازول ويجب ألا يزيد تركيز الـ اتريديازول على ٥٠ جزء في المليون حتى بالنسبة لمحصول مقاوم مثل الطماطم ولذا يجب أن تضاف المادة ببطء إلى الخزان الجامع بطريقة بحيث يحدث لها تخفيف قبل أن تصل إلى النبات كما يجب عدم تقليل عدد الأسابيع بين الإضافات حتى لا يزداد تركيزها ويصبح تأثيرها سام .

واستعمال المبيدات الجهازية Systemi insecticides أى المواد التى يمكن إمتصاصها خلال الجذور وتؤدي إلى حماية النبات كله يكون بنفس الطريقة . فسوف يحمل المحلول المركبات الجهازية لجميع النباتات في المنشأة وبالتالي يستبعد تكاليف الإضافة بالطرق العادية . ولقد اقترح مثلاً أن ٥٠ جزء في المليون من الـ بينومايل Benomyل سوف يقاوم الـ بياض Powdery mildew على نباتات الخيار النامية في الغشاء المغذى . كما أن المركبات ذات التأثير الفعال على النباتات النامية في مزرعة مائية قد لا يكون لها تأثير مشابه عند إضافتها للتربة للمحاصيل النامية فيها بسبب تأثير التربة .

وبالنسبة إلى تدفئ جميع المحلول العائثر فى منشأة الغشاء المغذى خلال أنبوبة واحدة ، فمن الممكن وضع وحدة تعقيم فى هذه الأنبوبة بين مضخة الدوران وفتحة الدخول لأول قناة فى نظام الغشاء المغذى . ومن الممكن أن تكون وحدة التراسونيك Ultra-sonic unit أو وحدة اشعة فوق بنفسجية Ultra-violet unit أو وحدة بستره حرارية Heat pasteurization unit . وتوضح المحاولات الأولية باستخدام وحدة التراسونيك أو وحدة اشعة فوق بنفسجية أن استعمالها يؤثر على الحديد المخلوب فى المحلول . ولهذا السبب فاستعمالها غير مرغوب . والبستره الحرارية لم تختبر بعد فى الزراعة بنظام الغشاء المغذى . وبعد البستره الحرارية فبالطبع يجب تبريد المحلول قبل أن يسمح له بالمرور على جنور النباتات . ومن الممكن أن يستخدم خزان لامداد المحلول للنبات وخزان آخر تم فيه عملية البستره الحرارية . وبعد البستره يترك ليبرد ثم يدخل الخدمة بدلا من الخزان الذى فى الخدمة . وإذا كانت البستره الحرارية طريقة ناجحة فى مكافحة الأمراض فى تقنيات الغشاء المغذى فالأمر يقتضى إجراء تطوير لتحديد عدد مرات البستره الضرورية وأحسن وسيلة لاجراء هذه العملية فى الزراعة بتقنيات الغشاء المغذى .

الباب الخامس

استخدامات تقنيات الغشاء المغذى

- إنتاج نباتات القصارى .
- التحكم الكامل في ظروف النمو .
- قنوات الغشاء المغذى الرأسية .
- إنتاج الأصول المقساء .
- الإستخدام المنزلى للغشاء المغذى .
- الغشاء المغذى في الحدائق المنزلية .
- إنتاج الأبطال والمسطحات الخضراء .
- إنتاج نباتات الزينة والنباتات الدوائية .
- إنتاج بعض حاصلات الخضار .
- نظام الغشاء المغذى وتسويق المنتجات .
- إستخدام الغشاء المغذى في أنفاق الفراولة .
- إنتاج علائق الحيوانات .
- إستخدام قنوات الغشاء المغذى في ظروف غير ملائمة .
- زراعة الأشجار تحت ظروف غير ملائمة .
- إنتاج المطاط والصمغ .
- إنتاج مصادر الطاقة .
- إستخدام الغشاء المغذى في تنقية الماء .

استخدامات تقنيات الغشاء المغذى

انتاج نباتات القصارى :

تعود زراع نباتات الزينة إلى تسويق هذه النباتات في قصارى فخرية أو بلاستيكية ولا يحتاج إنتاج هذه النباتات باستخدام تقنيات الغشاء المغذى إلى أى تعديل في الطريقة ، إذ توضع النباتات بقصاريا (أوعيتها) في مجرى — قناة — الغشاء المغذى .

كما تعود الزراع أن يضعوا القصارى على موائد بارتفاع مناسب حتى يتيسر إجراء العمليات الزراعية المختلفة كالرى والتسميد وخدمة النباتات . ويمكن — بالمثل — في حالة تقنية الغشاء المغذى تثبيت القنوات على الارتفاع المرغوب ، غير أن ذلك يزيد التكاليف الرأسمالية نتيجة لترك مسافات بين الموائد — التى تثبت عليها القنوات بدون قنوات — أى بدون إنتاج ، بينما وضع قنوات الغشاء المغذى على سطح الأرض — متجاورة — يتلافى ذلك ، وفى هذه الحالة تغرس النباتات في مكعبات وتنقل من القنوات باستخدام « سير » متحرك على ارتفاع مناسب وقد سبق وصف ذلك ، إذ لا يوجد ما يستلزم تنمية النباتات في قصارى ، وفى هذه الحالة تنمو النباتات في المكعبات ويتكون من نموها « حصيرة » أو طبقة ليفية من الجنور تثبت النباتات وتنقل النباتات إلى القصارى قبيل التسويق مع استخدام البيئة المناسبة ، وتسويق النباتات بذلك في قصارى جديدة نظيفة ، وقد اختير كوبر هذه الطريقة واتضح أن النباتات — التى استخدمها — تجاوبت مع تغيير البيئة دون متاعب ، ولو أن الأمر يحتاج إلى مزيد من الاختبارات بالنسبة للنبات الذى يرغب المنتج فى إنتاجه .

— قد لا يكون الاستغناء عن الممرات أمرا ملائما لجميع أنواع نباتات القصارى ، فقد يجد الزراع أنه من الضروري أن يصل إلى موقع بعض النباتات لمعالجة أحد الأمراض .

— وعدم وجود ممرات يجعل عملية « التفريد » صعبة فيضطر الزراع في هذه الحالة إلى غرس النباتات — الشتلات — في موقعها النهائي فلا يقوم بعملية التفريد كلما زاد حجم النبات .

— وضع قنوات الغشاء (الفيلم) المغذى على قوائم على ارتفاع مناسب يسمح بوجود الممرات العادية التي تترك عادة بين هذه المجارى (عند وضعها على سطح الأرض) ، وفي هذه الحالة يمكن استخدام مجاميع متعددة القنوات (التي سبق وصفها) .

— وثمة بديل آخر هو استخدام قنوات مفتوحة واسعة (عريضة) ضحلة العمق على ارتفاع يلائم العمل ، ينساب منها المحلول المغذى إلى أسفل ، غير أن هذا البديل يعرض المحلول المغذى إلى الضوء أثناء انسيابه إلى أسفل ثم دورانه إلى القناة مرة أخرى ، ولذا سريعا ما يغطي بنموات الألبى الخضراء ، وتلتصق أيضا بالحصارى مما يجعل منظرها غير مشجع عند تسويقها ، وتقاوم هذه الألبى بإضافة أحد الكيماويات المضادة ، أو قد يلجأ الزارع إلى زيادة سرعة دوران المحلول المغذى حتى لا يستطيع الألبى النمو ، ويتم ذلك بزيادة عمق المحلول ويتتج عن ذلك أمران :

١ — يزداد وزن المحلول ويستلزم ذلك استخدام قنوات من الأسمت حتى يمكنها حمل ثقل المحلول مما يؤدي إلى زيادة التكلفة الرأسمالية .

٢ — لا تتكون « حصيرة » الجنور الليفية الضرورية والتي يكون جزؤها العلوى معرضا عادة للهواء الجوى ، ولذا يتحول النبات إلى الاعتماد الكامل على أوكسجين المحلول وهو عادة محدود ، وقد نلجأ لزيادة محتوى المحلول من الأوكسجين بوضع معوقات تعترض تياره (المحلول) مما يعمل على زيادة محتواه من الأوكسجين عند سقوطه مجتازا هذه العوائق .

— وقد يكون استخدام عدد من قنوات الغشاء المغذى الضيقة (المعتادة) كافيا لتحقيق النتيجة المرغوبة بكفاءة ونفقات أقل .

— كما يمكن استخدام قنوات الغشاء المغذى ذات وزن خفيف وذات طبقتين فوق بعضهما ، فتسمى نباتات القصارى التى تحتاج الضوء الكامل فى الطبقة العليا من القنوات ، بينما تنمى النباتات المحبة للظل فى الطبقة السفلى ، وفى هذه الحالة يتوقف عدد النباتات فى الطبقة العليا والمسافات بينها على درجة التظليل التى تتطلبها النباتات فى الطبقة السفلى ، ومثل هذا النظام إذا أمكن إنشاؤه يزيد إنتاجية الوحدة وهد عامل هام فى حالة البيوت الزراعية عالية الكلفة والتى تتكلف تدفئتها كثيرا .

إنتاج الحاصلات مع التحكم الكامل فى ظروف النمو :

تعتبر تقنيات الغشاء المغذى مثالية عندما يراد تطبيق نظم التحكم الكامل فى ظروف النمو ، ففي هذه الحالة يستبدل ضوء الشمس بالمصابيح ، ويعزل البناء الذى تنمو داخله النباتات عن الظروف الجوية الخارجية ، وتكون الأرضية ناعمة غير منفذة للجلور ، ويتم الإضاءة بمصابيح تتدلى من سقف المبنى ، ويؤدى ذلك عادة إلى تزايد الحرارة المنبعثة منها بينما يحتاج العديد من الحاصلات إلى درجات حرارة ملائمة ثابتة فى حدود معينة فلا تزايد بصفة مستمرة ، ولذلك فنظام الغشاء المغذى مع التحكم فى ظروف النمو يلائم بصفة خاصة لإنتاج الحاصلات عندما تكون الظروف المناخية غير ملائمة لئوها مثل شدة البرد فى مناطق خطوط العرض الشمالية ، أما فى غير هذه الظروف فيجب اتخاذ الاحتياطات التى تكفل ثبات درجة الحرارة .

— وللتحكم فى تركيز ثانى أوكسيد الكربون فى الهواء — داخل المبنى — أهمية خاصة ، ففي هذا النظام يكون استنزاف ثانى أوكسيد الكربون أسرع منه فى البيوت الزراعية لاستهلاكه بواسطة النباتات أثناء عملية التمثيل الضوئى (الأيض) ، ولذا يجب حقن الهواء بثنائى أوكسيد الكربون بحيث يصل إلى نحو ١٠٠٠ جزء/مليون (بالحجم) ، وأفضل ما يتم ذلك بواسطة ثنائى أوكسيد الكربون المسال المضغوط فى خزان خاص ، ويترك بعض السائل ليتحول إلى غاز تحت الضغط الجوى ، فيمكن توصيله إلى هواء البيت الزراعى مع

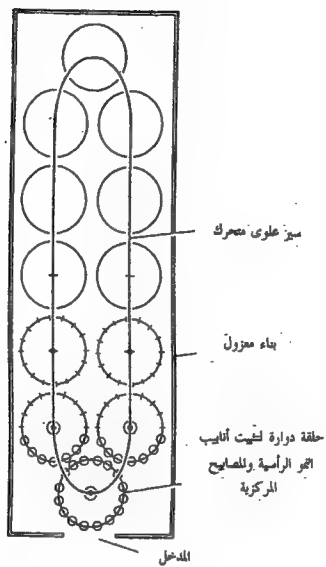
استخدام مقياس لتدفق ثاني أكسيد الكربون (Flow meter) لاستمرار الحصول على تركيز ثابت من الغاز .

ولا ننصح بالحصول على ثاني أكسيد الكربون عن حرق البروبان في حالة التحكم الكامل في ظروف النمو ، ولو أنه قد يلائم ظروف البيوت الزراعية الزجاجية أو البلاستيكية ، لأن حرق أى وقود هيدروكربوني ينتج أكاسيد نتروجينية — أكسيد النتريك وأكسيد النتروز — وهذه الأكاسيد لا تضر النبات ما دامت تركيزاتها منخفضة غير أنها ضارة إذا زادت تركيزاتها ، فيبطئ نمو النبات وتضمر أوراقه ، وقد تؤدي إلى نكزة Necrosis الأوراق أى ظهور بقع بنية ناتجة عن موت الأنسجة خاصة بالأوراق السفلى : أما في حالة البيوت الزراعية الزجاجية فتتأثر الهواء النافذ من بين ألواح الزجاج يساعد على منع تراكم أكاسيد النتروجين ، أما إذا كان استخدام البروبان المحروق أمرا ضروريا في نظم التحكم الكامل فيجب رصد وتسجيل تركيز أكاسيد النتروجين في الغاز الناتج — حتى يعرف تركيزه في هواء المبنى — والعمل على تبادل الهواء بحيث لا تتراكم هذه الأكاسيد في الهواء الداخلى .

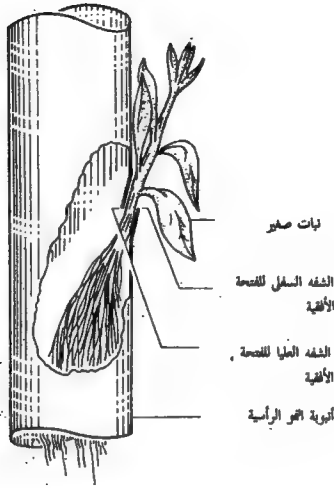
وفي حالة عدم حقن ثاني أكسيد الكربون فيجب توفير التهوية الجيدة (ويتعارض ذلك مع التحكم الكامل في ظروف النمو) حتى نضمن تركيزا لثاني أكسيد الكربون في الهواء الداخلى مساويا له في الهواء الجوى الخارجى ، وعلى وجه عام ينخفض الإنتاج في هذه الحالة بنسبة ٢٥٪ عنه في حالة حقن ثاني أكسيد الكربون .

يتضح مما سبق أن نظام التحكم الكامل في ظروف النمو يقتضى التحكم في شدة وطول فترة الضوء والحرارة وثاني أكسيد الكربون ، وقد تستلزم النواحي الاقتصادية بعض المرونة في طول فترة الإضاءة ، وقد يضاء نصف المساحة فترة ثم تنقل المصابيح إلى النصف الآخر فترة أخرى ، وبذا تنخفض التكلفة الرأسمالية في عملية الإضاءة إلى النصف تقريبا .

انظر كتاب « الزراعة الحمية » ، عبد المنعم بليغ وآخرون .



شكل رقم (٣٥) - الاتحاج النباقي بالمرآة الرأسية



شكل رقم (٣٦) — الفتحات الأفقية في أنبوبة النمو الرأسية

قنوات الغشاء المغذى الرأسية :

يتميز نظام الغشاء المغذى عن نظم الإنتاج الأخرى بأن هذه النظم الأخرى تبذل نحو ٤٠٪ من المساحة في الممرات للوصول إلى النباتات ، بينما في حالة نظام الغشاء المغذى يمكن ترتيب القنوات رأسياً فلا توجد حاجة إلى الممرات في بعض الحاصلات ، ويخفض ذلك من التكلفة الرأس مالية (شكل رقم ٣٥) . وفي هذه الحالة يأخذ مبنى إنتاج المحاصيل مع التحكم الكامل في ظروف النمو شكل متوازي مستطيلات ضيق ، وتنظم قنوات الغشاء المغذى

رأسيا فيما يشبه الأنابيب ذات فتحات أفقية (شكل رقم ٣٦) على جانب واحد في دائرة حول مصباحين أحدهما علوى والآخر قرب القاع ، وتكون قنوات الغشاء المغذى الرأسية والمصباح وحدة من مجموعة وحدات مائلة تتعلق من وسط قرص دائر . فإذا بدأنا غرس النبات فيقف العامل عند باب المبنى ويغرس الشتلة في قناة الغشاء المغذى المواجهة للباب وبامتلاء القناة يدفعها إلى أحد الجانبين فيصل أمامه القناة التالية فيقوم بغرس النباتات فيها ، ويستمر ذلك حتى يتم غرس جميع الفتحات بجميع القنوات المعلقة في المجموعة . وتتصل المجموعة بسير علوى حول سقف المبنى متوازي المستطيلات ، ويقوم العامل بالتحكم في الدوران بالضغط على أحد الأزرار ، فيتحرك لتظهر أمامه — عند الباب — مجموعة وحدات رأسية أخرى فيقوم بغرس النباتات في الفتحات الأفقية في كل قناة من قنواتها وهكذا .

ويشير كوبر Kooper إلى أنه اختبر الأنابيب الرأسية المصنوعة من البوليثين لانتاج المحاصيل بنظام الغشاء المغذى ، وقد اتضح أن عدم تسرب السوائل منها أثناء نزولها من أعلى في دورانها رأسيا يعود إلى أن حجم الساق في النبات المغروس في القناة يدفع الحافة العليا من الفتحة الأفقية إلى الداخل ، بينما يدفع وزن النبات الحافة السفلى إلى الخارج وبذا فالسائل الهابط في القناة لا يتسرب ، وعلى أى حال إذا تسرب بعض السائل فإن ذلك لا يؤثر إذ أنه يتدفق خارج المجرى ويختجز في أنبوبة (العادم) في قاع الدائرة .

ويستكمل كوبر Cooper النظام الآلى السابق وصفه باقتراح نظام لعملية نقل وعرض المنتجات مثل الأزهار أو غيرها للتسويق بأن تجهز سيارة النقل عند الباب و « تفك » الأنابيب البوليثين من اطار النمو وتعلق رأسيا في قضبان علوية في سقف السيارة حتى تمتلئ ولا تتأثر المنتجات بعملية النقل أو بسرعة السيارة لتعلقها رأسيا . وعند الوصول تفرغ حاملة السيارة من أنابيب البوليثين ويعاد تعليقها في محل البيع . وتباع المنتجات في هذه الحالة — الأزهار — بالمتجر ، فيقطع الطول المطلوب الذى يحتوى أنابيب البوليثين بالمقص .

ويمكن تنفيذ الانتاج « الآلى » مع التحكم الكامل فى ظروف النمو فى الناقلات الضخمة Super tankers . وتعمل شركة جنرال موتورز على تطوير هذه العملية حتى أصبح احتمال تجربتها فى الفضاء أمرا ممكنا .

إنتاج الأصول المقساء :

أمكن انتاج العديد من شتلات أنواع من الأشجار والشجيرات باستخدام نظام الغشاء المغذى وكان نموها سريعا كما كانت النباتات ذات جودة عالية .

ويعتمد هذا النوع من الإنتاج على التحكم فى البيئة الخارجية أى المحيطة بالساق والأوراق والبيئة حول جذور العقل ، ويمكن تحقيق ذلك بالنسبة للظروف المحيطة بالسوق والأوراق فى بناء مجهز بالمصاييح اللازمة للتحكم فى طول فترة الاضاءة وشدتها فضلا عن التحكم فى درجة الحرارة والرطوبة النسبية وتركيز ثانى أوكسيد الكربون كما سبق . وبالنسبة إلى غرس العقل متقاربة لبعضها فحجم غرفة النمو يكون محدودا وبالتالى تقل التكلفة الرأسمالية . أما فى الصوب الزجاجية المجهزة بالتدفئة والتهوية الذاتية وحقق ك CO_2 ووسائل التظليل ودش الضباب فهى أقل تحكما فى طول فترة الضوء وشدته ونسبة الرطوبة ودرجة حرارة النهار .

وهذا التحكم الزائد فى ظروف نمو الساق والأوراق يستلزم تحكما مماثلا فى ظروف نمو الجنور أى حول مسطح قطع العقلة . ويجب أن يكون ذلك منفصلا عن التحكم فى ظروف نمو الساق إذ أن الظروف الملائمة للسوق والأوراق تختلف عن تلك الملائمة للجنور . ويكفل نظام الغشاء المغذى وسيلة للتحكم الدقيق فى ظروف الجنور . فدرجة حرارة منطقة نمو الجنور يمكن أن تكون مختلفة عن حرارة الهواء وكذا يمكن تغييرها أثناء الأربع وعشرين ساعة أو خلال فترة نمو العقلة وكذا يمكن التحكم فى المحتوى الغذائى ورقم pH وتركيز منظمات النمو ونسبة الهواء والماء فى المحلول عند سطح قطع العقلة ، وكذلك يمكن التحكم فى نسبة الهواء بالماء باعتراض دوران المحلول (بوضع معوقات لتدفقه) إذا أريد ذلك .

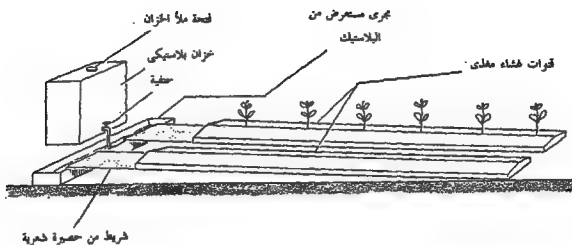
وبهذه الدرجة من التحكم في ظروف النمو الهوائية والجنزية — وهو ما لا يتوفر في المشاتل المعتادة — يصبح لمعرفة الظروف المثلى نمو كل نوع من النباتات التي يراد اكثارها أهمية كبيرة حتى يمكن ضبط أجهزة التحكم ضبطا صحيحا .

و بمجرد نمو جلور العقل يمكن نقلها لنظام الغشاء المغذى في الهواء المطلق أو في صوبة زجاجية حسب نوع النبات والموقع . وإذا كانت العقل قد غرست على المسافات النهائية لها فلن يحتاج إلى عمالة حتى يحل موعد التسويق ففي نظام الغشاء المغذى لا نحتاج إلى خدمة مثل مقاومة الحشائش بينا الرى والتغذية يكونان بالطبع مستمرين ذاتيا .

وبحلول الموعد للتسويق تكوّن الجنور « حصيرة » (كتلة ليفية) من الشعيرات الجنزية المشتركة بين النباتات نتيجة تشابكها فتقطع هذه الحصيرة في منتصفها وبذا يصبح لكل نبات مجموع جذرى ليفى مستقل ذى شكل مستطيل (متوازى اضلاع) ويسهل ذلك عملية غرس الشتلة — الشجيرة — وذلك بحفر موقع الغرس إلى العمق اللازم بعد تحديد شكل المستطيل ثم يوضع « متوازى مستطيلات » الجنور في الحفرة المطابقة له تماما وتكون التربة الخارجة من الحفرة فوق الجنور وبالضغط — بثقل العامل — تتلاصق الجنور الليفية مع التربة في حواف الحفرة وتشغل مجموعة الجنور باقى الحفرة . وبهذا يمكن تلافى « أثر القصيرة » في حالة استخدام القصارى في الطرق المعتادة .

الإستخدام المنزلى للغشاء المغذى :

لا يختلف الإستخدام المنزلى للغشاء المغذى عن الإستخدام التجارى ، ويمكن لأى هاو أن ينشئ هذا النظام على غرار النظام التجارى مع الفرق في الحجم ليلائم المساحة المحدودة المتاحة بالمنزل . وقد يرغب بعض هواة خفض تكلفة تجهيزات القياسات والرصد وقد يعتمد البعض إلى شراء وحدة الغشاء المغذى « جاهزة » إذا كان ثمنها منخفضا .



شكل رقم (٣٧) - وحدة غشاء مغذى منزلية

ويمكن أن تتكون الوحدة المنزلية الرخيصة من حوض بلاستيكي « خزان » ذي حنفية في قاعدة وفتحة « بريمة » في أعلاه يملأ منها . فيملأ الخزان إلى نهايته بالماء ويفرغ فيه محتوى كيس — يشتري جاهزا محضرا بواسطة المصنع — يحتوي المقدار المناسب من العناصر الغذائية ثم تغلق الفتحة ، وتكون فتحة الحنفية في مستوى أسفل الماء الذي يملأ مجرى (قناة) مستعرض (قاطع) من البلاستيك وعند فتحة الحنفية لا يتدفق المحلول من الخزان لضغط الهواء الجوي على الماء في المجرى القاطع . ومن المهم أن يكون الخزان مظلا فلا تسقط عليه أشعة الشمس حتى لا ترتفع درجة حرارته خلال النهار إذ لو ارتفعت درجة الحرارة يرتفع الضغط داخل الخزان ويدفع المحلول للتدفق إلى الخارج ، ويتغير الضغط داخل الخزان بتغير درجة الحرارة بالليل والنهار ولذا يجب خفض هذا التغير إلى أقصى حد .

ويغطي المجرى العرضي بغطاء لمنع فقد الماء بالبخار ، وينفذ من خلال فتحة في هذا الغطاء شريط من حصيرة شعرية تغمر نهايته في الماء ، وتمتد هذه الحصيرة لتبطن قاع مجرى الغشاء المغذى (القناة) ، ومن الممكن أن يوجد عدد من المجارى (القنوات) ذات الحصيرة الشعرية التي تمتد إلى المجرى العرضي (شكل رقم ٣٧) .

توضع البادرات الصغيرة في مكعبات الامتصاص في مجرى الغشاء المغذى (القناة) على الحصىرة الشعرية ويؤدى بحر الماء من سطح المجرى وتنح من النباتات إلى تحرك الماء بالخاصة الشعرية في الحصىرة الشعرية المتصلة بالمجرى العرضي الممتلئ بالماء ، ويؤدى ذلك إلى خفض مستوى الماء في هذا المجرى حتى تصبح فتحة الحنفية أعلى مستوى سطح الماء فيه ويبدأ عند ذلك تدفق المحلول من الخزان عن طريق الحنفية إلى المجرى العرضي حتى تصبح فتحة الحنفية تحت مستوى سطح الماء مرة أخرى ، وبالنسبة إلى أن مجرى الغشاء المغذى يعتبر عمليا مغلقا من أعلى فإن أغلب الماء المتبخر عن سطح الحصىرة الشعرية يتكثف على السطح الداخلى في المجرى عائدا إلى الحصىرة الشعرية مرة أخرى ، وإذا أدى بحر الماء من سطح الحصىرة إلى تجمع الأملاح على سطحها فيمكن خفض هذه الأملاح بوضع شريط من البوليثلين الأسود بنفس طول وعرض الحصىرة الشعرية فوق الحصىرة ، ويجب أن يتقب هذا الشريط بعمل فتحات فيه تسمح بادخال المكعبات التى تحتوى البادرات حتى تلامس هذه المكعبات الحصىرة الشعرية وتمتص الماء والعناصر المغذية منها .

ويذكر Cooper أن التصميم الذى تم وصفه يجب أن يؤدى الغرض منه من الناحية النظرية غير أنه لم يختبره وهو يرى أنه يحقق الغرض وقليل التكلفة ومن السهل ضبط تركيز العناصر المغذية فيه وذلك بتقدير pH وضبطه عند بدء ملء الخزان ، وكما أنه لا يحتاج إلى أى طاقة كهربائية .

ومن رأيه أيضا أنه يمكن تركيب جهاز الغشاء المغذى على المستوى المنزلى بتبسيط الجهاز التجارى فيتكون من خزان يستقبل المحلول المنصرف وطلمية صغيرة تضخ المحلول من الخزان إلى مدخل قناة الغشاء المغذى مباشرة ويصرف المحلول من هذا المجرى مباشرة إلى خزان الاستقبال . وفي الوحدة المنزلية الصغيرة يحسن استخدام طلمية صغيرة تحت الماء في خزان الاستقبال مع ماسورة تنقل المحلول إلى مجرى الجهاز . وتشغيل الطلمبة يرفع قليلا درجة حرارة المحلول ويساعد ذلك على نمو النبات في المواقع الباردة التى يكون فيها

ارتفاع درجة الحرارة مرغوبا ، أما في المواقع التي يعتمد فيها على الطاقة الشمسية فيمكن استخدام هذه الطاقة في تشغيل المضخة خصوصا وأن الحاجة إلى تدفق الماء قليلة والمساكن في هذه البلاد غالبا ذات أسقف مسطحة مما يجعلها نموذجية لاستخدام الغشاء المغذى .

ويضبط رقم pH بواسطة طريقة المحاليل التي سبق وصفها . أما ضبط تركيز العناصر المغذية فيكون إما بشراء مقياس للتركيز فيصبح بذلك ضبط التركيز أمرا بسيطا وممثلا لما سبق وصفه أو أن يفرغ الخزان مرة كل أسبوع — على سبيل المثال — ثم يملأ بالماء ويضاف إليه الكيس المحتوى على أملاح التغذية (يشتري جاهزا) وهى كافية لمدة تزيد قليلا عن أسبوع لوحدة ذات حجم محدد ، وواضح أن هذه الطريقة سهلة غير أنها تزيد تكلفة التغذية فتفريغ الخزان كل أسبوع يعنى إهدار المغذيات التي لا زالت باقية في المحلول ، ولا ننصح — بهدف الحفاظ على هذه المغذيات الثمينة — أن نضيف كيس المغذيات الجديدة اسبوعيا دون تفريغ الخزان إذ قد يؤدي ذلك إلى تزايد التركيز .

والصعوبة الأساسية التي تواجه استخدام هذا الجهاز المبسط هى أن المغذيات المضافة أسبوعيا يجب أن تكون كافية لاحتياجات النباتات ، ولما كانت أنواع وأصناف وحجوم هذه النباتات تختلف اختلافا شديدا فلا مفر من قبول رقم تقريبي فاذا فرضنا أنه يوجد في كل ٣٠ (ثلاثين) سم من طول مجرى الجهاز نبات طماطم واحد يجب أن توفر له الغذاء فإن إضافة ٩ جم من مخلوط المغذيات ذى التركيب الموضح بمجدول رقم ٢٥ إلى الخزان لكل ٣٠ سم من طول مجرى الجهاز تكون كافية لمدة هذا النبات بحاجته من العناصر المغذية لمدة أسبوع ، وهذا المخلوط من العناصر المغذية هو متوسط ما يمتصه نبات واحد من الطماطم من مغذيات لمدة أسبوع ، وقد حسب هذا المتوسط على مدى ٦ (ستة) شهور ، ويجب أن يسمح بحجم الخزان بآلا تزيد درجة التركيز في المحلول بعد إضافة أملاح التغذية عن ٣٠ ($CF=30$) واستخدام

جدول رقم ٢٥
المحتوى النسبي لخلوط مواد مغذية للإستعمال المنزلي

نسبة مئوية من الوزن الكلى	الرمز	المادة المغذية
٤٥,٤٣٤	$\text{Ca} (\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2 \text{O}$	نترات كالسيوم
١٣,٢٤٥	$\text{KH}_2 \text{PO}_4$	فوسفات صوديوم ثنائى الهيدروجين
١١,٠٨٢	KNO_3	نترات البوتاسيوم
٦,٦٤٩	$\text{Mg SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2 \text{O}$	كبريتات مغنسيوم
٣,٣٢٤	$\{ \text{CH}_2 \cdot \text{N}(\text{CH}_2 \cdot \text{COO})_2 \}_2 \text{FeNa}$	جليد مخلب
	$\text{Mn Cl}_2 \cdot 4 \text{H}_2 \text{O}$	كبريتات منجنيز
٠,٢٢	$\text{H}_3 \text{BO}_3$	حمض بوريك
٠,٠٩	$\text{Cu SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2 \text{O}$	كبريتات نحاس
٠,٠٩	$\text{Zn SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2 \text{O}$	كبريتات زنك
٠,٠٠٤	$(\text{NH}_4) \text{MO}_4 \text{O}_{24} \cdot 4 \text{H}_2 \text{O}$	موليبدايت أمونيوم

عن كوبر Cooper

« جهاز » الغشاء المغذى الصلب rigid متعدد المجارى يلائم تماما الاستخدامات المنزلية والسوق المحلية لقصر طول الخطوط المستخدمة فى هذا الجهاز . أما استخدام جهاز الغشاء المغذى ذى القنوات العادية Universal فيعتبر أكثر مرونة بالنسبة إلى طول الخطوط والمسافات بينها .

وللماء النقى الذى لا يحتوى أى مواد أهمية كبيرة فى تقنيات الغشاء المغذى ، وقد سبق أن أوضحنا ذلك ، ويعتبر ماء المطر نقيا فهو يحكم مصيره ماء مقطر . وأفضل وسيلة للحصول على قدر مناسب من ماء المطر بالنازل فى البلاد غزيرة الأمطار هو أسقف المنازل ، ويعرض بالأسواق وعاء من البلاستيك يمكن توصيله بنهاية ماسورة صرف ماء المطر المتصرف من السقف

فيوصله في ماسورة من البلاستيك إلى حوض للتخزين أو توصله مباشرة إلى خزان المحلول بجهاز الغشاء المغذى .

فخزان المحلول في هذه الحالة يعمل أيضا كمخزان لماء المطر إذا زادت سعته ، وزيادة حجم الماء في خزان المحلول التي قد تحدث نتيجة لتجميع الأمطار لا تهم فتركيز المحلول في هذه الحالة ينخفض ، غير أن مقدار — أو وزن — المغذيات فيه (في المحلول) لا يتأثر .

والصعوبة الأساسية التي تواجه الاستخدام المنزلي للغشاء المغذى هي كيفية تجنب المتاعب الغذائية الناتجة عن زيادة أو نقص الحامض والمغذيات المعدنية — ذات التأثير السريع — ولهذا السبب يجدر الاهتمام بدراسة استخدام مصادر عضوية للمغذيات للاستخدام المنزلي .

استخدام الغشاء المغذى في الحدائق المنزلية :

تعنى تنمية النباتات بالمنزل بالنسبة للكثيرين سقى عدد من نباتات القصارى . وعندما ترغب ربة بيت في ممارسة هذا النوع من النشاط تنجه إلى محل الأزهار وتشتري نباتا في قصرية وتضعه في مكان بالمنزل بعد وضع طبق أسفل القصرية ، وفي الغالب لا تنجح العملية نجاحا ملحوظا ولذا ينلر أن تحدث جارتها عنها ويتج عن ذلك أن سوق نباتات القصارى غير مزدهرة . وثمة بعض المنازل تضع القصارى في أوعية كبيرة مملأى بالبيت (مادة عضوية) ولو أن ذلك لا يؤثر كثيرا على سوق نباتات القصارى .

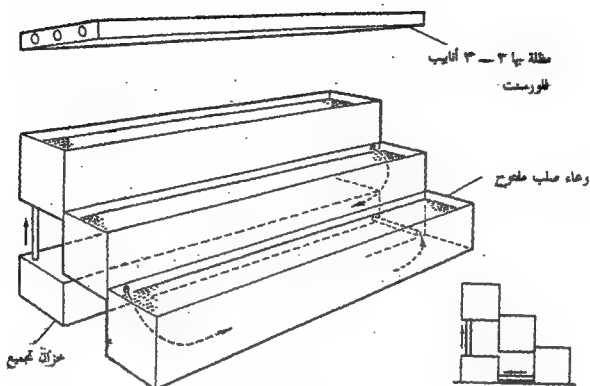
وباستخدام الغشاء المغذى يمكن إيجاد مجال جديد للحدائق المنزلية في أى حجرة ما دامت مجهزة بالتيار الكهربائى . ويوضح شكل رقم ٣٨ تصميم « حديقة » صغيرة ذات حجم ملائم لحجرة المعيشة .

يتكون التصميم من ثلاثة أوعية صلبة مفتوحة ٦٠ سم طولا ونحو ١٥ سم عرضا وعمق ١٥ سم . ويمكن ترتيبها على شكل درجات السلم مع مراعاة أن توضع بميل على طولها (شكل رقم ٣٨) . وبحيث أن المحلول الذى يضاف إلى

الطرف العلوى للوعاء يتدفق نحو طرفه السفلى ثم إلى الطرف الأعلى للوعاء الذى يليه فيتدفق فيه إلى طرفه السفلى ومنه إلى الطرف العلوى للوعاء الأخير وحتى الطرف السفلى له ومنه إلى الخزان وهو ذو حجم مساو لحجوم الأوعية المشار إليها ويوضع خلف الوعاء السفلى مباشرة وباستخدام مضخة صغيرة مغمورة في المحلول يرفع المحلول من الخزان إلى الطرف العلوى للوعاء الأعلى . وتغلى الأوعية بكميات من الطين تغرس فيه نباتات سبق تنميتها في الماء (هيلروبووى) يقوم بتوريدها نفس محل الأزهار الذى يقوم بتوريد « الحديقة » نفسها . ويمكن أن تكون هذه النباتات الجيرانيوم التى تلاحم الحقائق الداخلية والتى يمكن استبدال القديم منها بنباتات حديثة .

وأعلى الوحدة تثبت مظلة تحتوى ٢ — ٣ أنابيب فلورسنت لتتبر الحديقة وتساعد النباتات على النمو في الضوء المنخفض في حجرة المعيشة . ومداومة التغذية أمر بسيط فتوضع انبوبة في نهاية الخزان توضح محتواه وتبين ما إذا كان من الضروري إضافة الماء ، أما الأملاح المغذية فيضاف كبس منها مرة كل ٣ شهور إلى الخزان ، وفي كل عام يفرغ الخزان وينظف ثم يعاد ملؤه من جديد .

ويمكن وضع وحدة الغشاء المغذى في شرفات العمارات وحتى تشغل أقل مساحة ممكنة تأخذ الوحدة الشكل الرأسى الموضح في شكل رقم ٣٩ ، ويتكون من الخزان (د) في القاع وطوله نحو ٦ سم وعرضه وعمقه نحو ١٥ سم ، ويوضع بطول حائط الشرفة ويصب فيه عدد من أنابيب النمو الرأسية (جـ) التى سبق وصفها وتستخدم مضخة صغيرة مغمورة في الخزان في ضخ المحلول في الأنبوبة (أ) التى توصله إلى أنابيب النمو التى لا تحتوى أى مواد صلبة نمو الجنور . ويثبت هذا الصف من الأنابيب في حائط الشرفة فوق خزان المحلول مباشرة وفي هذه الحالة يمكن تنمية نباتات الخضر أو الأزهار في مساحة لا تحتل أكثر من ١٥ سم من أرضية الشرفة التى يشغلها الخزان . كما تعتبر هذه الحديقة ديكور للشرفة في هذه العمارات العالية . وبالنسبة لكفاية

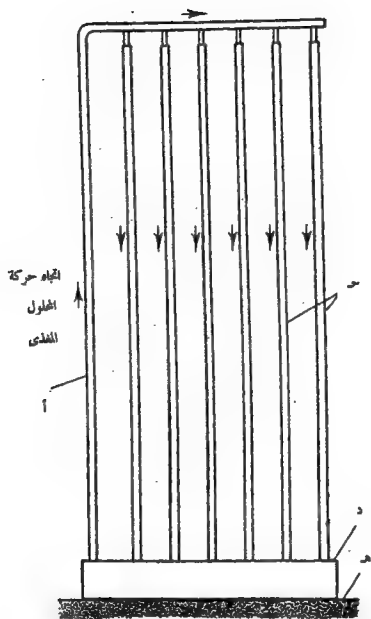


شكل رقم (٣٨) - حديقة منزلية متعددة الأدوار

الضوء وسرعة الجو تحتاج التغذية لمزيد من الاهتمام بما يماثل وحدات الغشاء المغذى في الهواء الطلق والتي سبق وصفها .

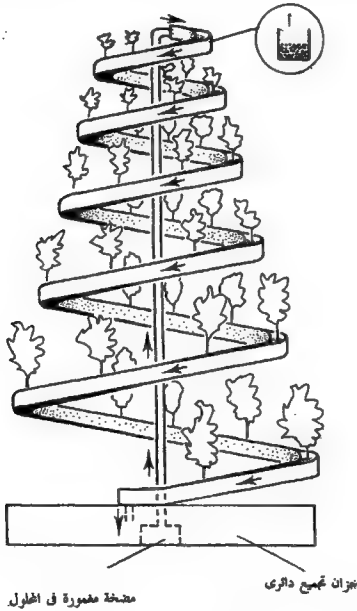
ويمكن زيادة تصميم « درجات السلم » الذى سبق وصفه بإضافة أوعية أخرى لتصبح خمس درجات تغطى الحائط فى فندق أو ما يماثل ذلك ، كما يمكن زيادة طول الأوعية لتصبح نحو ١,٥ م .

ويوضح شكل رقم ٤٠ « حديقة » دائرية تتكون من خزان دائرى تخرج من منتصفه أنبوبة (ماسورة) رأسية تتصل بها فى أسفلها مضخة صغيرة تضخ المحلول من الخزان إلى وعاء (أ) فى أعلا الأنبوبة (١٥×١٥×١٥سم) يخرج منه حلزون يزداد قطرة كلما قل ارتفاعه عن سطح الأرض ويتحرك فيه المحلول من أعلى إلى أسفل حتى يصل إلى الخزان ويملاً الوعاء بمحبيبات من الطين المتحد .



شكل رقم (٣٩) — حديقه منزلية رأسيه

ويوجد العديد من التصميمات التي يمكن استخدامها كقواصل بين الحجرات بالمنزل وتتميز بأنها تحتاج إلى القليل من العناية ، ويمكن تركها مدة طويلة دون رعاية ، ولهذه الناحية أهمية خاصة في حالة غلق المكاتب في بعض العطلات الطويلة نوعا في الأجواء الباردة مثل عطلة الكريسماس والتي يحدث كثيرا أن توقف التدفئة خلالها . ويمكن في هذه الحالة وضع سلك تسخين Heating element في الخزان ليضمن ألا تعاني النباتات من انخفاض درجة الحرارة . وليس هناك حاجة لحضور أحد الأشخاص إلى المكتب لسقي النباتات .



شكل رقم (٤٠) - حديقة دائرية

وقد يمكن الجمع بين بعض هذه التصميمات وبين التصميم الذى يستخدم فيه الخاصة الشعرية الذى سبق وصفه ، ويؤدى ذلك إلى مزيد من التبسيط حيث يمكن الاستغناء عن المضخة وعن الطاقة الكهربائية .

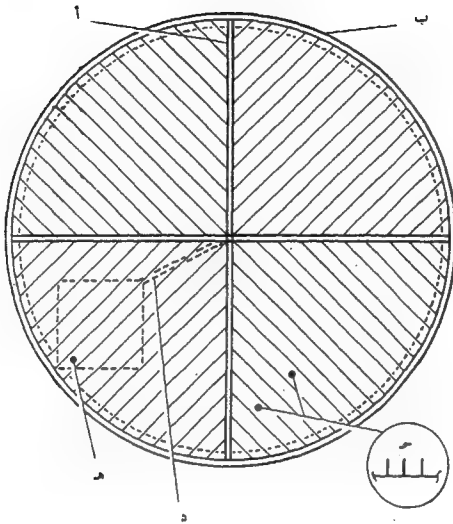
انتاج الأبصال والمسطحات :

يبدو لأول وهلة أن استخدام الغشاء المغذى لا يلائم انتاج الأبصال ، غير أنه يمكن الحصول على أبصال جيدة إذا ما أمكن للبصلة أن تستقر في مجرى الغشاء . فمجرد لقاء أبصال الدافوديل *Daffodils* في مجرى الغشاء كافٍ لنموها ، ولا يهم إن كانت البصلة في وضع قائم أو على أحد جوانبها . كما لا تتأثر إذا كانت عند حافة المجرى أو في وسطه إذ يتكون نمو جيد للجذور أغلبه فوق سطح المحلول ، وتنمو السوق متجهة نحو القمة والضوء وتتكون زهرة عادية وذات صفات جيدة . ولو أن تجارب انتاج الأبصال في الغشاء المغذى قليلة ولا تزال الحاجة واضحة لمزيد من هذه التجارب .

كما يمكن انتاج المسطحات الخضراء بالغشاء المغذى فستستخدم مجاري عريضة غير عميقة ومفتوحة ذات طول مناسب يتدفق فيها مع انحدارها تيار ضعيف غير عميق من المحلول ويطن قاعها « حصيرة شعرية » وتثر البذور على سطح الحصى المرطبة ، فلا تلبث خلال أيام قليلة أن تتخلل جذور البادرات طبقة الحصى الشعرية ، وسريعا ما تصل إلى الحجم المناسب لتسويقها ، وإذا كانت الحصى الشعرية قوية النسيج بالإضافة إلى النسيج اللينى الجبرى فإنه يمكن لفها مثل السجادة ويسهل فردها في الموقع المراد زراعتها فيه ، ويجب ملاحظة أن يكون طول وعرض المجرى مناسباً حتى ييسر تغطية المساحة المطلوبة يدوياً .

وبتميز إنتاج المسطحات الخضراء بطريقة الغشاء المغذى بالآتى :

- اختيار أصناف وأنواع نباتات المسطح .
- رفع المسطح لا يتأثر بالظروف الجوية .



شكل رقم (٤١) - مرقديات أزهار دائري

- يمكن لف المسطح فيوفر نفقات القطع وكذا نفقات غرس كل نبات على حدة .
- انخفاض التكلفة أيضا لانخفاض الوزن لعدم إلتصاق التربة بالجذور .

إنتاج نباتات الزينة والنباتات الدوائية :

(أ) إنتاج نباتات الزينة :

سبق وصف استخدام مجموعة القنوات المغطاة بنطاء صلب ذى فتحات لغرس النباتات فيها تتوافق مع خطوط المجارى ، ويمكن عمل هذه المجموع في أى شكل وفى مختلف التوافق لتكون مراقد لنباتات أزهار الزينة ، ويوضح شكل رقم ٤١ مرقدًا دائريًا .

وأسفل المرقد الدائرى خزان يستقبل المحلول (هـ) ويضخ المحلول بواسطة مضخة رأسية (د) إلى أنابيب التوزيع الأربع (أ) التى تصب المحلول فى مجموعة القنوات (جـ) التى يتدفق فيها المحلول إلى انبوبة الصرف الدائرية (ب) ومنها عن طريق أنبوبة أخرى يتدفق المحلول إلى خزان التجميع (هـ) ويجب أن يكون لمجموعة القنوات ميل بسيط نحو قناة أو انبوبة الصرف (ب) . ويمكن أن تكون المجموعة على سطح الأرض ويكون خزان التجميع فى هذه الحالة مدفونًا تحت سطح الأرض ، أو أن ترتفع مجموعة القنوات — أو الأنابيب — عن سطح الأرض ، وفى هذه الحالة يحاط مرقد النباتات بحافة وتغطى مجموعة القنوات بنطاء صلب ذى فتحات ، نغرس مكعبات النباتات من خلال هذه الفتحات وعادة تغطى النباتات معظم النطاء .

وقد استخدمنا لفظ « الأزهار » عند استخدام نباتات من الجيرانيم والبتونيا والماريجولد وغيرها ، غير أننا لا نجد ما يمنع منع استزراع « أشجار » مثل المخروطيات Conifers لاستخدامها كنباتات زينة جميلة . وحتى الأشجار الكبيرة يمكن زراعتها إذا وفرنا لها ما تستند إليه جنوعها ، وكلنا — مع بعض التحوير — يمكن إستزراع الأُسطة الخضراء ، ويعطى استزراع حافة من « الجازون » حول مراقد الأزهار منظرًا جميلاً .

و « مراقد الأزهار » التى وصفناها تلائم الحدائق فى المناطق الحارة الجافة لأنها تحفض فقد الماء إذ لا يحدث إلا عن طريق أوراق النباتات كما أنها توفر

العمالة بالحديقة . وبالنسبة إلى إمكان وضع هذه المراقدة على أى مسطح حتى الأسمتية فهى من أفضل ما يلائم حقائق السطح ، وهذه الحقائق نادرة فى مناطق المصانع والمكاتب والمخلات ، وأحد أسباب ذلك وزنها الكبير بالنسبة لأغلب السطوح مما يجعل من الضرورى إنشاء تقوية لهذه الأسقف بينا وزن حديقة الغشاء المغذى لا يشكل وزنا يذكر كما أن شكل مراقدة الأزهار فى الغشاء المغذى يلائم حقائق الأسطح ذات الشكل الهندسى Formal .

والواقع أن استخدام الغشاء المغذى فى البستنة لا يزال وليدا ، وقد يتطور ليصبح فرعاً من فروع البستنة ذا قيمة خاصة فى المناطق الرملية الجافة وفى المناطق السكنية .

(ب) إنتاج النباتات الدوائية :

يوجد عدد من المركبات الدوائية التى تستخلص من جذور النباتات فقط ، وفى رأينا أن إنتاج هذه النباتات باستخدام الغشاء المغذى يوافق تماما احتياجات صناعة الدواء لأنها تخفض نفقات الانتاج وتزيد الانتاجية .

فبالنسبة لخفض تكلفة الانتاج فنحن نعرف أن زراعة هذه النباتات فى الأرض يقتضى نزعها من التربة (عندما يسمح الجو بذلك) وتكون حيبيات التربة ملتصقة بالجذور ، بينا فى حالة استخدام الغشاء المغذى يمكن الحصول على الجذور دون أى ارتباط بمحالة الجو وبسهولة ، وبالنسبة إلى « غسيل » الجذور بصفة مستمرة طوال نموها ، ولعدم وجود أى مواد صلبة فإن الجذور تكون صالحة للتصنيع مباشرة . وإذا استخدم النظام الذى يكفل الزرع والحصاد ذاتيا — آليا — وهو ما وصفناه مسبقا فإن هذا يؤدى إلى مزيد من خفض التكاليف ، وترتفع الانتاجية أيضا باستخدام الغشاء المغذى نتيجة للمزايا التى يكفلها هذا النظام خصوصا التحكم فى الظروف المحيطة بالجذور ، وعلى سبيل المثال ، من المعروف أنه إذا كان المحلول المستخدم مخففا ، فإن نسبة الجذور إلى الجذع تزداد ، فإذا كان انتاج المادة الدوائية متناسبا مع وزن الجذور

فإن إنتاج هذه المادة البروتينية سوف يزداد بزيادة وزن الجنفور . وبالمثل يمكن تصور استخدام الغشاء المغذى للحصول على حبوب لقاح الأزهار .

إنتاج بعض حاصلات الخضر بنظام الغشاء المغذى :

تزرع أغلب حاصلات الخضر بالشتلات بعد انبات بنورها في أحواض أو بغيرها من الطرق وقد أوضحنا ذلك في موقع آخر من هذا الكتاب غير أننا نذكر القارئ بأن الشتلات التي تزرع في قنوات الغشاء المغذى يجب ألا تكون قد استبتت في التربة حتى لا ينقل معها ما في التربة من فطريات وأمراض إلى الغشاء المغذى فضلا عن أن تغيير بيئة النمو من التربة إلى الماء قد لا تحمله جلور الشتلة المنقولة .

ويفضل العديد من الزراع إنتاج الخضر في المحميات حتى يتحكموا في موعد الحصاد ليتجنبوا تسويق المحصول في فترات زيادة العرض عن الطلب (من الخضر المزروعة في العراء) مما يؤدي إلى انخفاض أسعار منتجاتهم وقد أشرنا إلى الزراعة المحمية بإيجاز في موقع آخر من هذا الكتاب ويمكن الرجوع إلى كتابنا « الزراعة المحمية » لمزيد من التفاصيل عن هذا الموضوع . ومن أهم الخضر التي يحقق منتجوها أرباحا طيبة باستزراعها في المحميات ، الطماطم والخيار والفلفل والكانتالوب ويمكن الاستعانة ببعض الكتب المتخصصة في علوم الخضر مثل أساسيات إنتاج الخضر لأحمد عبد المنعم حسن فيما يتصل بالأصناف والعمليات الزراعية الخاصة بكل محصول .

وتقنيات الغشاء المغذى لا تتأثر سواء في العراء أو داخل الصوب وتجهل المنتج أكثر قدرة على توفير الظروف الأكثر ملاءمة للمحصول المراد إنتاجه .

إنتاج الطماطم في الصوب

الطماطم من حاصلات الخضر شائعة الاستهلاك على مدار العام ، ويقبل العديد من الزراع على إنتاجها ، غير أن العامل الأساسي في تحقيق أرباح عالية من إنتاجها ليس هو حجم المحصول الناتج وتكلفة إنتاجه فقط بل هو موعد

تسويق هذا المحصول ، ويتحدد ذلك من موعد شتلها ، فالمدة بين موعد الشتل وموعد الحصاد نحو سبعة أيام ، فالزراع يستطيع أن يعرف مقدما موعد تسويق محصوله من موعد شتل النباتات .

وبالنسبة للإقبال على زراعة الطماطم في الحقول المكشوفة فزراعة الطماطم بالمحميات تعتمد على اختيار موعد تسويق المحصول الذي يقل فيه تسويق إنتاج الحقول المكشوفة ويتجنب زراع الحقول المكشوفة شتل حقولهم بالطماطم خلال الفترات شديدة البرودة من ديسمبر حتى فبراير والفترات شديدة الحرارة من أبريل إلى يونيو وبهذا يقوم زراع المحميات بشتل محصولهم في هذه المواعيد ما دام جو المحمية يحمي الشتلات من شدة البرد أو شدة الحر .

ويكون تسويق انتاجهم في الفترة من يوليو حتى أكتوبر أو من مارس حتى مايو ، وبهذا يحققون ربحا طيبا لإنفرادهم بالسوق .

تربية وتقليم النباتات :

تحتاج بعض حاصلات الخضر إلى تربيتها حتى يمكن الحصول منها على أعلى إنتاجية ويكون ذلك عادة بتوجيه النباتات لتمتد حتى تنتج أكبر قدر من الأزهار ويستعان في ذلك بربط النباتات في أسلاك وسنوضح ذلك في حالة الطماطم كما يلي :

في حالة تربية الأصناف المهجنة غير محدودة النمو داخل الصوب وباستعمال تقنيات الغشاء المغذى فإن النباتات تربي رأسيًا على ساق واحدة (شكل ٤٢) بالطريقة الآتية :

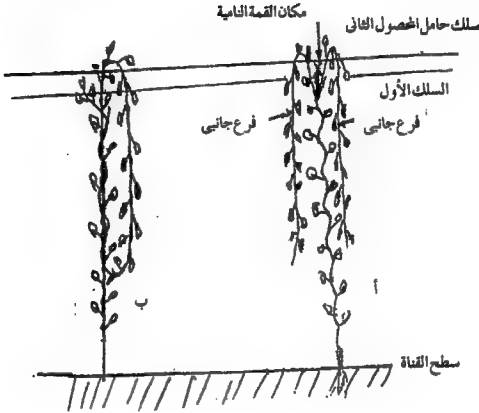
١- عندما يصل طول النباتات إلى ٢٠ - ٢٥ سم ، يربط خيط فوق كل نبات على حامل المحصول يتدلى إلى أسفل بحيث يصل الخيط إلى سطح قناة الغشاء المغذى .

٢- تربط الخيوط المدلاة حول ساق النبات من أسفل على شكل دائرة قطرها ٣ - ٤ سم تقريبا . وقد يستعاض عن ذلك بشد خيط أفقي بجانب كل

الطريقة أ

الطريقة ب

Dutch Back system



شكل رقم (٤٢) - يوضح الطريقة أ، ب المتبعة في تربية الطماطم

صف بطول الصوبة وتربط فيه الخيوط الرأسية التي سوف ترقى عليها النباتات . وتوجه النباتات على الخيط الرأسى بشكل حلزوني في إتجاه واحد مرتين في الأسبوع حتى لا ترعى النباتات .

٣- تجرى عملية السرطنة (تقليم الأفرع الجانبية) في الصباح الباكر وذلك بإزالة الأفرع الجانبية التي تتكون في آباط الأوراق عندما يصل طولها ٣ - ٥ سم كل ٢ - ٣ يوم .

٤- عندما يبدأ جمع المحصول تزال الأوراق السفلية الموجودة أسفل العنقود الذى تم جمعه لإعطاء الفرصة لزيادة التهوية والإضاءة .

٥- عندما تصل النباتات إلى مستوى سلك حامل المحصول الموجود على إرتفاع حوالى ٢ متر ، ترى النباتات بعدة طرق أبسطها هى :

أ- تقصف القمة النامية مع ترك آخر فرعين جانبيين قبل القمة النامية لتنمو وتوجه من فوق السلك إلى أسفل ، وتسقط الفروع الجانبية بنفس طريقة سرطنة الساق الرئيسية .

ب- وتسمى Dutch back system وفيها تترك القمة النامية للساق الرئيسية بدون إزالة . وعندما تصل إلى أعلى السلك توجه القمة النامية على الحيط المجاور إلى أسفل حتى تصل إلى حوالى ٩٠ سم من سطح القناة حيث توجه بعد ذلك إلى أعلى ثانية على الحيط الأصلى .

التحكم فى النمو الخضرى للنبات فى ضوء مخافت :

تعانى النباتات المثمرة مثل طماطم الصوب فى المناطق الشمالية (من الكرة الأرضية) من عدم كفاية الطاقة الضوئية ، وتحت هذه الظروف يقتضى تنظيم النمو الخضرى وتشجيع تكون الثمار بتوجيه أغلب نواتج الكلوروفيل (الأيض) نحو النمو الثمرى ، وإذا لم يتحكم المنتج فى هذا النمو الخضرى فلن يحصل إلا على نمو ثمرى ضئيل .

ويوفر نظام الغشاء المغذى ظروف مثالية للنمو السريع للنبات ، فإذا أريد خفض النمو الخضرى فإن نظام الغشاء المغذى أيضا ييسر تنفيذ ذلك وبصفة مستمرة بشكل يفوق أى طريقة أخرى .

وفى حالة طماطم الصوبة مثلا إذا سخن المحلول المغذى بحيث يصل إلى قنوات الغشاء المغذى فى درجة ٣٢°م وإذا ثبتت درجة حرارة الهواء عند ٢٠°م فإن هذه الظروف تضمن عقد الثمار ونموها . وإذا ضبط الترموستات

عند درجة ٩°م في الليل فإن هذه الدرجة المنخفضة ليلا تقلل النمو الخضري وتنتج نباتا منديجا ذا سلاميات قصيرة ، وبذا يتحقق إنتاج جيد حتى في حالة البذر المبكر تحت ضوء خافت . هذا التحكم في حرارة الجنود والسيقان أساس التحكم في النمو الخضري . وقد يمكن وقف إدارة المحلول المغذي بعض الوقت خلال النهار فتعطش النبات يزيد النمو الثمري غير أن ذلك لم يتم اختباره إذ قد يؤدي نقص الماء إلى نقص في المحصول وهو ما حصل عليه كوبر في إحدى تجاربه .

ويقترح أيضا زيادة تركيز المحلول المغذي كوسيلة لتقليل النمو الخضري كنتيجة لنقص القدرة على امتصاص الماء ولكن هذه الطريقة تخفض النمو الخضري والثمري معا . ولو أن في بعض الأحيان لسبب غير واضح يؤدي وقف تدفق الماء إلى جنود النباتات إلى تقليل النمو الخضري دون أن يؤثر على النمو الثمري .

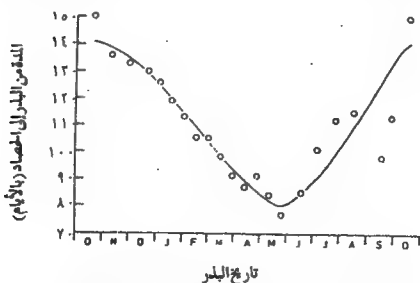
ولا يكتمل موضوع استخدام الغشاء المغذي لإنتاج الحاصلات ما لم نشر إلى إنتاج الطماطم ذات العنقود الواحد ، فالطريقة — الغشاء المغذي — أصلا قد اقترحت من أجل تحقيق هذا الإنتاج وكان أول نبات زرع بهذه الطريقة هو نبات طماطم ذو عنقود واحد .

وكان الهدف الذي أجريت من أجله التجربة بعد التجارب التمهيدية التي أجراها كوبر هو إنتاج طماطم على مدار العام في جنوب إنجلترا ، فقام بينر الطماطم كل أسبوعين ولمدة ٢١ اسبوعا باستخدام تقنيات الغشاء المغذي ، وازيلت الأفرع الجانبية وكذا القمة النامية لكل نبات ابتداء من الورقة الرابعة فوق العنقود الثمري الأول . ويوجد عادة ثلاث ورقات بين كل عنقودين ثمريين . كما أوضحت الدراسات التمهيدية أن محصول العنقود الثمري الواحد يرتبط بعدد الأوراق التي تترك أعلاه فيزداد المحصول بزيادة عدد الأوراق المتروكة .

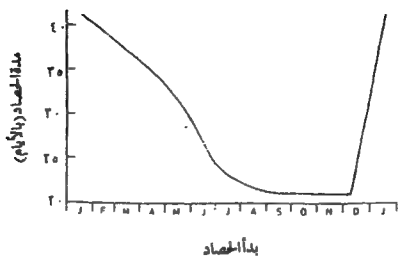
ويوضح شكل رقم ٤٣ علاقة أعمار النباتات عند بدء الحصاد (عدد الأيام من وقت البذر) وتاريخ البذر ، ومنها نعرف أن أقصر مدة بين البذر والحصاد هي تقريبا ١١ أسبوع أمكن تحقيقها من البذر في شهر مايو وأن أطول مدة هي نحو ٢٠ أسبوعا عند البذر في أكتوبر . كما أن مدة الحصاد كانت من حد أدنى ٣ أسابيع عندما بدأ جمع الثمار في سبتمبر ، أكتوبر أو نوفمبر إلى حد أقصى ٦ أسابيع عندما كان الحصاد في يناير ، ويوضح شكل رقم ٤٤ الاتجاه السنوي بين هذين الحدين .

وفي البلاد التي تستخدم الرش لإنضاج الثمار يمكن التخلص من المدة التي يم فيها جمع المحصول وجمعه كله مرة واحدة .

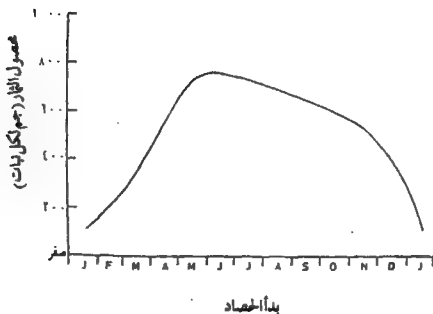
ويتراوح مقدار المحصول من ١٠٠ (مائة) جم لكل نبات عندما يبدأ الحصاد في يناير إلى نحو ٨٠٠ جم (ثمانمائة) لكل نبات عندما يبدأ الحصاد في يونيو (شكل رقم ٤٥) ، وقد أمكن الحصول على هذا المحصول بدون حقن هواء الصوبة بثاني أكسيد الكربون ، فإذا حقن الهواء بثاني أكسيد الكربون زاد المحصول المنخفض كثيرا في حالة الضوء الخافت . ويمكن استخدام الخنادق مع التهوية الذاتية التي سبق وصفها في إنتاج الطماطم ذات العنقود الواحد .



شكل رقم (٤٣) - علاقة أعمار النباتات عند بدء الحصاد وتاريخ البذر



شكل رقم (٤٤) — العلاقة بين تاريخ بدء الحصاد ومدة الحصاد



شكل رقم (٤٥) — العلاقة بين تاريخ بدء الحصاد ومقدار المحصول

ويمكن استخدام بعض الوسائل لتحسين عقد الثمار داخل الصوب بتوفير رطوبة نسبية نحو ٧٠٪ وهز الأسلاك التي ترجى عليها النباتات لمساعدة وصول حبوب اللقاح إلى مياسم الأزهار نظرا لعدم وجود رياح داخل الصوبة كما يمكن رش الأزهار ببعض منظّعات النمو التي تساعد على تحسين عقد الثمار وقد أوضحنا ذلك في مرقع آخر من هذا الكتاب .

الفلفل الحلو

يحتاج الفلفل إلى درجة حرارة ١٧ — ١٨°م ليلا و ٢٢ — ٢٤°م نهارا ويتوقف النمو وعقد الثمار في درجات الحرارة المنخفضة (١٠°م) كما لا يتحمل النبات درجات الحرارة العالية إذ تكون الثمار التي تعقد في درجة حرارة ٢٧ — ٢٨°م صغيرة مشوهة ولا يحدث عقد الثمار في درجة حرارة ٣٣ — ٣٥°م.

وكما هو الحال في الطماطم يبدأ الإثمار بعد نحو ٧٠ — ٨٠ يوما من الشتل وبنا يمكن للمنتج أن يعرف موعد تسويق محصوله .

أصناف الفلفل الملائمة للنمو في المحميات والعمليات الخاصة بالمحصول يمكن الرجوع إلى بعض الكتب المتخصصة .

التربة والتقليم :

يرى حسن أنه لا فائدة من إجراء تقليم لنباتات الفلفل في الزراعات المحمية ولكن يكفي بتدعيم النباتات لحماية الأفرع من الميل إلى أسفل والإتكسار .

الكائناتالوب

يحتاج الكائناتالوب إلى جو دافئ فدرجة الحرارة المناسبة لإنبات بنوره ٢٥ — ٣٠°م وأنسب درجة حرارة للنمو الخضري ١٨ — ٢١°م ليلا و ٢٣ — ٢٧°م نهارا ويجب ألا تزيد نسبة الرطوبة الجوية عن ٦٠ — ٦٥٪

حول النباتات حتى لا تزداد الإصابة بالفطريات وينخفض المحصول إذا زادت عن ذلك أما إنخفاض نسبة الرطوبة عن ذلك فيؤدى إلى سقوط الأزهار .

ويبدأ نضج الثمار بعد ٨٠ — ١٠٠ يوما من الزراعة حسب الصنف وموعد الزراعة ويمكن تحسين عقد الثمار بتريه النحل قرب الصوبة أو بداخلها .

التريه والتقليم :

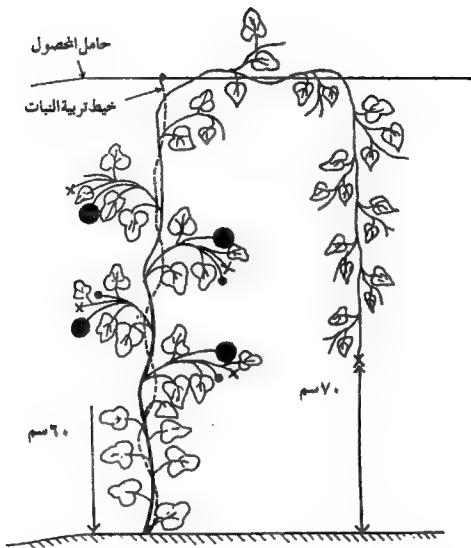
الكاتالوب يرى رأسيا وهى صفة تلائم تقنيات الغشاء المغذى كما يلى :

- ١— تربط النباتات رأسيا على الخيوط .
- ٢— تزال جميع الأزهار والأفرع الجانبية الموجودة على ساق النبات حتى ارتفاع ٨٠ — ١٠٠ سم بعدها يحتفظ بأربع أفرع جانبية .
- ٣— تقصف القمة النامية لهذه الفروع الأربعة فى وقت واحد ، وذلك عندما تعقد الثمار التى عليها وتصبح فى حجم البيضة .
- ٤— يترك النبات لينمو رأسيا بعد ذلك مع تقليم الفروع الجانبية على ٢ — ٣ ورقات إذا كان النمو الخضرى قويا .
- ٥— عندما تصل الثمار المرباه إلى مرحلة اكتمال الحجم الأخضر يمكن تربية ٢ — ٣ فروع أخرى من قمة النبات بنفس الطريقة (شكل ٤٦) .

الخيار

— الاحتياجات البيئية :

تنبت بذور الخيار عند درجة حرارة من ٢٥ — ٣٠°م . وأحسن درجة حرارة نمو النبات هى من ١٨ — ٢٠°م ليلا و ٢١ — ٢٤°م نهارا . ويؤدى انخفاض درجة حرارة الليل عن ١١°م إلى بطء نمو النبات ، وقلة عدد الثمار الناتجة .



شكل رقم (٤٦) - رسم تخطيطي لطريقة تربية نبات الكانتالوب

- × - ترمز إلى مكان التطويش
- - ترمز إلى الثمرة التي تبقى على النبات
- - ترمز إلى الثمرة التي تزال

ويؤدي إرتفاع نسبة الرطوبة إلى إنتشار الأمراض الفطرية . كما أن إرتفاع تركيز غاز ك₂ داخل الصوب حتى ١٣٪ يؤدي إلى زيادة النمو الخضري ، والتكثير في تكوين البراعم الزهرية ويعمل على زيادة نمو البراعم الجانبية .

— الأصناف :

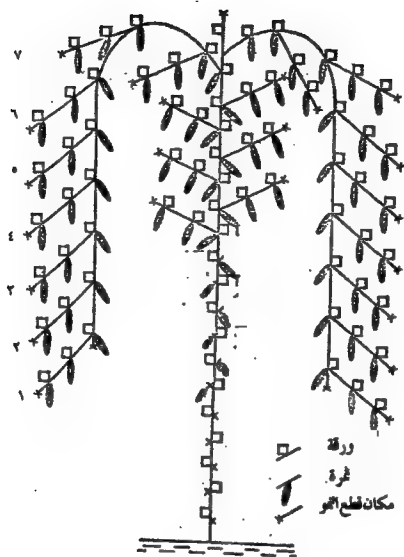
يجب أن يتوافر في أصناف الخيار التي تزرع تحت المحميات المرافقات التالية :

- ١— أن تكون من الأصناف المحبين ذات إنتاجية عالية .
- ٢— يمكن تربيتها رأسياً .
- ٣— أن تتحمل الجو البارد ، وأن تكون إحتياجاتها الضوئية أقل من أصناف الحقل المكشوف .
- ٤— أن تكون مقاومة للأمراض الفطرية .
- ٥— أن تكون ذات أزهار مؤنثة فقط وقادرة على العقد المبكرى حتى نحصل على محصول عال دون الحاجة إلى التلقيح بالحشرات .
- ٦— أن تكون ذات مواصفات مقبولة للتسويق المحلي والخارجي .

— تربية وتقليم النباتات :

يتم تربيط نباتات الخيار عندما تصل إلى ٤ — ٥ أوراق حقيقية ، حيث يربط كل نبات بواسطة خيط من قاعدة الساق ويتجه إلى أعلى ويربط في سلك حامل المصصول بطريقة يمكن معها إدخال الخيط أو شدّه حسب حالة نمو النبات . ويتم عملية تقليم النباتات (تربية النباتات) بهدف إحداث توازن بين النمو الخضري والنمو الثمرى للنبات ، حيث يخرج في إبط كل ورقة على الساق الحقيقية ثمرة وفرع جانبي . ويتم هذه العملية بطريقتين :

الطريقة الأولى (شكل ٤٧) :



شكل رقم (٤٧) استراتيجية الرأسية للخيبار (الطريقة الأولى)

١- تزال جميع الثمار والفروع الجانبية على العقد الست الأولى (حتى إرتفاع ٦٥ سم) .

٢- يسمح بنمو الفرع الجانبى على العقد الست التالية ، يسمح كذلك بنمو ثمرة عند العقدة الأولى من كل فرع ، لكن لا يسمح بنمو ثمار على الساق الأصلية ، كما تقطع جميع الأفرع بعد العقدة الأولى (حتى إرتفاع ١٣٠ سم) .

٣- يسمح بنمو الفرع الجانبى على العقد الست التالية ويسمح كذلك بنمو ثمريتين عند العقدتين الأولى والثانية من كل فرع ، وينمو ثمرة على الساق الأصلية عند كل عقدة وتقطع جميع الأفرع بعد العقدة الثانية (حتى إرتفاع ١٨٠ سم) .

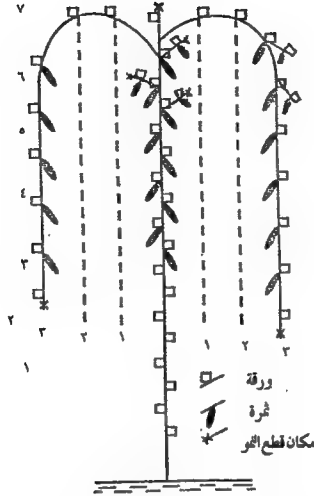
٤- يسمح بعد ذلك بنمو فرعين جانبيين يتدليان لأسفل من الجانبين ، ويسمح لكل فرع بأن تنمو به ثمرة وفرع جانبى عند كل عقدة ، كما يسمح لكل فرع جانبى بتكوين ثمريتين ، ثم يقطع بعد العقدة الثانية .

أما الطريقة الثانية (شكل ٤٨) ، فيكون التقليم فيها كالتالى :

١- لا يسمح بنمو ثمار أو فروع على العقد الثان الأولى (حتى إرتفاع ٩٠ سم) .

٢- يسمح بنمو الثمار على العقد الثان التالية ، ولكن لا يسمح بنمو أفرع جانبية حتى إرتفاع ١٨٠ سم .

٣- يسمح بنمو فرعين جانبيين بعد ذلك يتدليان لأسفل ، ويحمل كل منها ثمارا عند العقد ، دون أن يسمح بنمو أفرع ثانوية عليها .



شكل رقم (٤٨) — التربية الرأسية للخيار (الطريقة الثانية)

— تحسين عقد الثمار :

يحدث في بعض الأحيان أن الثمار لا تعقد عقدا كاملا وتكون الثمار صغيرة وتصبح صفراء وغير صالحة للاستهلاك في حوالى ٤٠ — ٥٠٪ من الثمار المتكونة على النبات ، ويرجع ذلك إلى العوامل الآتية :

١ — أن عملية التقليم لم تتم بصورة جيدة ، مما يؤدي إلى إختلال التوازن بين النمو الخضري والثمارى .

٢- إصابة النباتات بالآفات أو الأمراض ، وبالتالي يقل معدل النمو وتصبح النباتات غير قادرة على تغذية معظم الثمار بشكل جيد . ولذلك فمقاومة الآفات بصورة جيدة أمر ضروري .

٣- انخفاض درجة حرارة الجو إلى أقل من ١٢°م وبالتالي يقل الإمتصاص ونمو النبات وبالتالي يجب العمل على تدفئة محلول الغشاء المغذى كما سبق ذكر ذلك .

— الحصاد :

يبدأ جمع المحصول بعد حوالى ٤٥ — ٦٠ يوم من الشتل فى قنوات الغشاء المغذى .

أثر استخدام الغشاء المغذى على تسويق المنتجات :

من خصائص الانتاج باستخدام الغشاء المغذى أن المنتجات ذات مجموع جذرى لا تعلق به أية مواد صلبة . ولهذا الخاصية مزايا كثيرة حسب نوع المنتج .

ففى حالة إنتاج الخس بالطريقة العادية — فى التربة — يقطع الخس (جزء من الرأس) وتنزع الأوراق القاعدية وتغلف الخسة فى كيس من البوليثلين وتصف هذه الأكياس فى صناديق من الكرتون للتسويق ، أما فى حالة استخدام الغشاء المغذى فلا داعى لقطع الخسة بل يكفى أن تنزع من قناة الغشاء المغذى بجذورها كاملة ، والجذر فى هذه الحالة يكون مستديرا ذا قطر يقل عن قطر الخسة ويمكن نزع أى أوراق قاعدية تالفة وتوضع الخسة كاملة بجذورها فى كيس البوليثلين ، وبالنسبة لأن الخسة لا زالت محتفظة بجذورها اللينة الرطبة داخل الكيس البوليثلينى تظل طازجة فترة أطول أى يمكن نقل الخس إلى مسافات طويلة ويظل فى حالة طازجة وهى صفة ذات أهمية عندما يراد نقل الخس من شمال افريقية إلى شمالى وغربى أوروبا على سبيل المثال . بعد وصول شحنة الخس عند البائع تقطع الجذور عادة ويسوق بالطريقة المعتادة غير أنه من الأفضل أن تتغير طريقة البيع — بالقطاعى — هذه للاستفادة من استخدام

الغشاء المغذى في الإنتاج إذ يمكن وضع الحس مجنوره في صواني تحتوى على قليلا من الماء فلا يقطع منها شيء ويحصل المشتري على خس أجود وطازج . ومن الممكن أيضا ترك الحس داخل الأكياس البوليئين ويعرض فيها للبيع ويوضع علامة على الحس المنتج توضح أنه إنتاج الغشاء المغذى فيمكن الحصول على سعر خاص له للجودة التى يتصف بها فضلا عن أنه طازج ، وتزداد المبيعات بالتركيز في الاعلانات على أنه « خس طويل العمر » Long-life NFT lettuce ، ولا يوضع هذا الحس في الثلاجة بل يوضع في طبق به ماء فيمكن للمشتري استهلاكه على مدى فترة أطول . وافضل وسيلة في تسويق أصول النباتات المنتجة باستخدام الغشاء المغذى أن يخصص للمنتج مكانا للبيع يكون به مجموعة من قنوات الغشاء المغذى مشابهة إلى حد كبير للمجموعة المستخدمة في الإنتاج ، وينقل إليها الأشجار والشجيرات التى يراد تسويقها وتقل نفقات النقل لأن النباتات لا تكون في أوعية مملأ بالأسمدة المبللة كما هى العادة ، كما يمكن تصفيف النباتات متلاصقة فوق بعضها لعدم وجود الأوعية ، وتوقف النباتات عند وصولها في قنوات الغشاء المغذى في الموقع المعد لذلك حيث تكون التغذية والرى ذاتيا حتى يتسلمها المشتري ، وبعد أن يوضع الجذر في كيس بوليئين ، وبذا يخفض استخدام الغشاء المغذى تكلفة النقل والصيانة حتى يتم بيعها فضلا عن توفير قيمة الأوعية وما يتصل بها .

استخدام الغشاء المغذى في انفاق الفراولة :

نسبت هذه الانفاق إلى الفراولة لشيوع استخدامها في انتاج الفراولة ، وهى عبارة عن عدد من أنصاف دوائر من السلك المجلفن تفرس أطرافها في التربة على أبعاد نحو ٧٥ سم وتبلغ المسافة بين طرفي الحلقة نحو ٦٠ سم في القاعدة وارتفاعها نحو ٦٠ سم أخرى . ويفرد غشاء البوليئين المقاوم للأشعة فوق البنفسجية فوق هذا الصف من الحلقات ابتداء من الحلقة الأولى بدفن أحد طرفي الغشاء (يبلغ عرض الغشاء ١,٢ م) ويشد فوق الحلقات ويثبت في نهاية الصف ويغرس طرفا حلقة من نفس السلك ممالة للحلقات السابقة

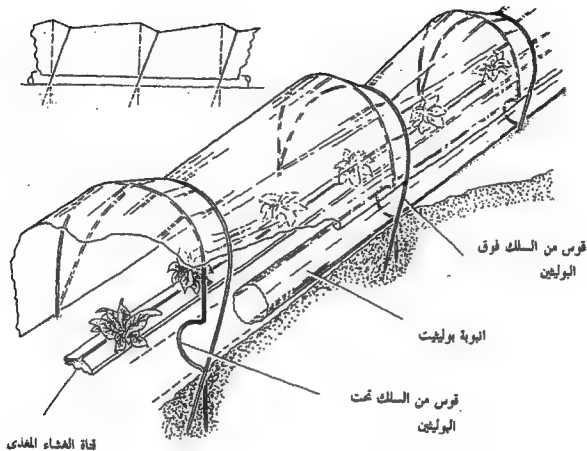
ومجاورة لكل حلقة فوق الغشاء في التربة لزيادة تثبيت الغشاء ، كما يمكن استخدام شريط من البولي بروبيلين بلفه حول طرف الحلقة وشده ثم لفة في طرف الحلقة الآخر . ويمكن خدمة المحصول برفع الغشاء فيما بين إحدى الحلقتين الداخلية والخارجية ثم إعادتها .

وتستخدم قنوات الغشاء المغذى في حالة محصول قليل الارتفاع بوضعها داخل الخندق . ويتميز محلول مغذٍ ذى حرارة مرتفعة نوعاً يمكن تنمية النباتات في درجات حرارة هواء منخفضة عن الدرجة التى تفضلها . كما تنتشر الحرارة من المحلول المغذى إلى الهواء المحيط بالنباتات داخل النفق ، ويعتبر ذلك وسيلة لمقاومة الصقيع . كما يمكن تجهيز الخندق بأنبوبة ومروحة تدفع الهواء داخل النفق . ويثبت في أنبوبة التهوية ترموستات في منتصف النفق الأوسط ، وعندما ترتفع درجة الحرارة نتيجة أشعة الشمس تقوم الترموستات بإيقاف المروحة وتقلص الأنبوبة ، وهذا يؤدي إلى دخول تيار الهواء الخارجى من فتحة النفق في أحد الطرفين ، وعندما تنخفض درجة حرارة هواء النفق نتيجة التهوية يعمل الترموستات على تشغيل المروحة التى تدفع أنابيب التهوية فيؤدى ذلك إلى غلق الفتحة الطرفية ويتوقف تيار الهواء (شكل رقم ٤٩) .

استخدام الغشاء المغذى في إنتاج علائق الحيوانات :

يؤدى إنتاج العلائق باستخدام الغشاء المغذى لتغذية حيوانات اللبن أو اللحم خصوصاً حيث لا يمكن لهذه الحيوانات أن تفادر حظائرهما ، إلى إمكان تحقيق هذا النوع من النشاط في مواقع لا تلائم أجواؤها للحيوانات أو لا تنتج أرضها الغذاء .

فإذا كانت الحظيرة مكيفة الهواء فإن الظروف الجوية غير الملائمة لا يكون لها الأثر الضار على الحيوانات ، وتصبح المشكلة هى مد هذه الحيوانات بالغذاء بتكلفة اقتصادية ومن الأفضل أن ينتج هذا الغذاء محلياً .



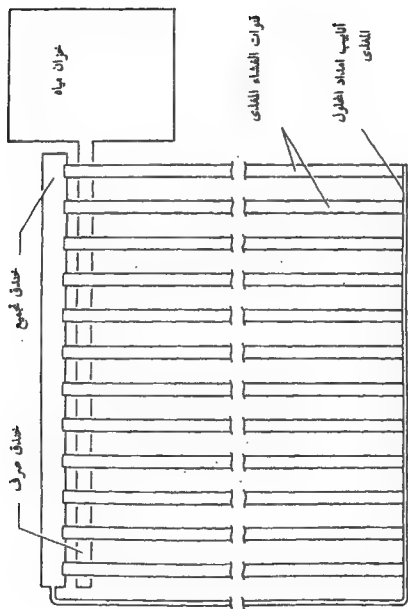
شكل رقم (٤٩) - سلفق منخفض بتربة أومانيكية

وفي حالة قطع من الأبقار المنتجة للين فإنها تحتاج إلى أربعة مكونات في غذائها وهي المعادن وعوامل النمو الأخرى ، الكربوهيدرات والبروتين والألياف (كغذاء مائي) ، وفي حالة عدم مغادرة الحيوانات لمبنى الحظيرة يجب ضمان وجود غذاء بصفة دائمة أمام كل حيوان . على أن يكون هذا الغذاء مستساغاً بحيث يأكل الحيوان منه قدراً كافياً حتى يستطيع أن يدر قدراً عالياً من اللبن لا يقل عن ١٤٠٠ جالون في السنة (نحو ٦٠٠٠ كجم) ، ويمكن أن يتحقق ذلك بتوفير عليقة مكونة من مخلوط من مركبات البروتين والسيلاج والقمح والشعير ورعوس بنجر السكر

والمولاس (العسل الأسود) ، ويتم ذلك بزراعة هذه المواد في نفس الموقع رغم عدم ملائمة الظروف ، مثل أن تكون التربة رملية أو صخرية في منطقة حارة جافة شديدة الضوء .

ولانتاج النجيليات باستخدام الغشاء المغذى تستخدم قناة الغشاء المغذى ذات عرض نحو ١,٥ م مفتوحة غير عميقة — نحو ٥ سم — صلبة خالية من الثقوب ، ويمكن تغطية الموقع بالخرسانة مع عمل القنوات الواسعة الضحلة من الخرسانة نفسها ، ويفرد شريط من الورق ذى عرض مساوٍ لعرض القناة الذى سبق التأكد بعدم سميته ، على سطح كل قناة ، وتنتثر بذور النجيليات على سطح الورق ، ويمرر ماء بعد ضبط رقم pH فى القنوات دون إضافة أى مغذيات مع تخفيض معدل التدفق بحيث يضمن ترطيب الورق دون أن يجرف البذور ، وبمجرد انبات البذور وتحلل الجنور للورق — ويتم ذلك بعد نحو ٤ أيام عادة — يزداد معدل تدفق الماء خارج القناة إلى نحو ١ لتر / دقيقة مع إضافة المغذيات إلى الماء ، وبعد نحو عشرة أيام تكون النباتات خضراء ، ويمكن خفض إرتفاع درجة حرارة الماء فى القنوات نتيجة أشعة الشمس بتظليل القنوات بغشاء بلاستيكي وبمضى الوقت سوف يظل النمو الورقى للنجيليات سطح المحلول كما يقلل مرور الهواء خلال أوراق النباتات مما يقلل فقد الماء بالبخار والتتح ، ويمكن تظليل المبنى كله بواسطة مظلة من البلاستيك لخفض فقد الماء بالبخار والتتح إذا زادت الحرارة .

ويجب قطع — حش — النباتات مرارا حتى لا تطول إذ أنه إذا تركت النباتات لتطول فإنها تكون عادة قصيرة فى وسط القناة ، ويتم تجهيز النباتات المقطوعة استعدادا لخلطها ضمن عليقة الحيوانات . وبهذه الطريقة أمكن تنمية نباتات النجيل وحشها لمدة عام فى إنجلترا ، وكان النبات فى آخر العام لا يقل إنتاجا عنه فى بداية التجربة .



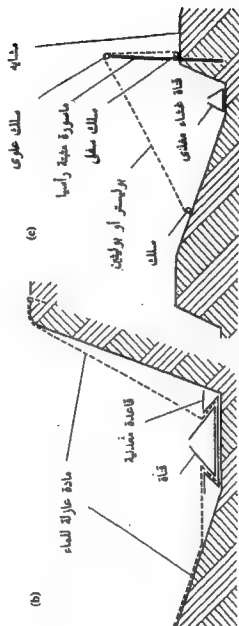
شكل رقم (٥٠) - نظام غشاء مظلي يستخدم لجميع الماء سطحيًا

استخدام قنوات الغشاء المغذى العادية في ظروف غير ملائمة :

لا تؤثر ظروف الأرض غير الملائمة ، مثل شدة الإنحدار وخواص التربة غير الملائمة أو عدم توفر التربة أصلا ، على استخدام طريقة الغشاء المغذى وبالتالي فسوق نصرف النظر عن هذه الظروف ، والصعوبة الأساسية التي تواجه استخدام الغشاء المغذى هي الظروف الجوية إذ يكون الجو شديد الرطوبة أو شديد الجفاف والحرارة . ففي المناطق الإستوائية الممطرة توجد مشكلتان تواجهان إنتاج الحاصلات ، الأولى أن هذا الجو الحار الرطب يلائم نمو كثير من الكائنات المسببة للأمراض ، وقد ناقشنا مقاومة الآفات في موقع آخر من هذه الصفحات .

والمشكلة الثانية هي فقد النيتروجين « بالنسيل » الناتج عن غزارة الأمطار ، ويعالج ذلك عند تصميم قنوات الغشاء المغذى بشئ طرفي جدارى القناة المعدنية أو البلاستيكية بحيث يتقاربان ، وهنا لا تنفذ الأمطار إلى داخل القنوات ، ولا يفقد من النيتروجين المضاف شئ حتى يتم امتصاصه بواسطة النباتات ، كما يمكن تغطية خزان الصرف بنفس الطريقة بحيث لا يصله ماء المطر ، وهنا لا يصل ماء المطر إلى النظام كله ، وعند غرس النباتات في قناة الغشاء المغذى فإن ساق النبات سوق تنفذ من خلال طرفي القناة للتطبيقين ، غير أن الفتحة الناتجة ضيقة وهنا لا ينفذ المطر الغزير إلى داخل القناة ، والجزء اليسير الذى ينفذ منه لا يسبب « غسيل » العناصر المغذية ، ويمكن إحصاءه تعويضا عن الماء الذى يفقد بالتسح .

والصعوبة الأساسية في ظروف المطر الغزير هي تدفق الماء على سطح الأرض التي تقام عليها قنوات الغشاء المغذى . وفي هذه الحالة يقتضى اتخاذ بعض الاحتياطات لوقاية الأرض من الإنحدار بواسطة الماء ، ولو أن أغلب هذه الإجراءات التي تحمي الأرض من الإنحدار بالماء تزيد تدفق الماء على السطح ، وعلى سبيل المثال رش سطح الأرض بطبقة من البلاستيك — لحمايتها من الإنحدار — يؤدي إلى تدفق ماء المطر مع إنحدار الأرض غير أن هذا التدفق



شكل رقم (٥١) - استخدام قنوات الغشاء المطبق في ظروف غير ملائمة

لا يعتبر مشكلة بل يمكن تحويله إلى ميزة ، شكل رقم ٥٠ ، وذلك بإنشاء مصرف يستقبل تدفق الماء ويسبق المصرف المجمع ويستقبل هذا المصرف الماء المتدفق ويوصله إلى خزان خاص بينا تعبر قنوات الغشاء المغذى فوقه لتصب في المصرف المجمع . والماء المجمع في هذا الخزان الخاص قد يسد جميع احتياجات المحصول من الماء ، وبنا يصبح « جهاز » الغشاء المغذى ذا وظيفتين ، إنتاج المحصول وتجميع ماء المطر .

وثمة ميزة أخرى لنظام تجميع ماء المطر في المناطق المعتدلة ، ففى بعض مناطق إنجلترا يحتوى الماء (العادى) مقادير زائدة من الصوديوم ولذا يعتبر ماء المطر مصدرا للماء النقى لخزان الغشاء المغذى .

وفي منطقة حوض البحر المتوسط والمناطق الجافة يكون الصيف جافا ، وقد يكون أيضا شديد الحرارة فترتفع درجة حرارة سطح الأرض إلى ٦٠°م غير أن الحرارة بالليل تنخفض كثيرا ، وبنا تنخفض قلرة الهواء مساءً على استيعاب الرطوبة التى حَمَل بها نهارا ويتكثف بخار الماء في صورة ندى . ففى هذه المناطق الجافة يكون العامل المحدد لإنتاج الحاصلات هو الماء وليس التربة ، ولذا يفضل تقويم الإنتاج ليس بإنتاجية وحدة الأرض بل وحدة الماء ، كما أن التربة في كثير من المناطق الجافة خشنة القوام وفقيرة في المادة العضوية ، وهذه التربة يمكن صياغتها في أشكال مندجة وتثبيتها باستخدام التقنيات الحديثة ، وبنا يمكن إنشاء خطوط وقنوات من الشرق إلى الغرب كما هو موضح في شكل رقم ٥٠ . وتوضع قنوات الغشاء المغذى عند قاعدة الانحدار المواجهة للشمال ، والانحدار الشديد يظل القناة والنباتات الصغيرة بها ، وبنا تنخفض درجة الحرارة ومعدل فقد الماء ، ويغطي كلا الانحدارين الشديد والبسيط بغشاء غير منفذ للماء ذى جذب سطحي منخفض وتساعد خواصه ولونه على الحصول على أقل درجة حرارة على سطح الأرض مساء ، وتثبت الحواف السفلى لهذا الغطاء بوضعها في قاع القناة المعدنية للغشاء المغذى ، بينا تثبت

الأطراف العليا في التربة ويحقق ذلك تدفق أى ماء مطر أو ندى على سطح الغطاء إلى قنوات الغشاء المغذى .

وبالنسبة لدرجات الحرارة العالية صيفا يقتضى توفير تظليل إضافي مع ما سبق أن أوضحنا من التخطيط المواجه للشمال والتغطية بغطاء غير منفذ للماء ويتم هذا التظليل بغرس قوائم معدنية في الأرض على أبعاد ٢ م من بعضها ويمد سلك خلال فتحات أعلى هذه القوائم وسلك آخر من خلال فتحات في أسفل القوائم عند سطح الأرض وسلك ثالث يمد بطول سطح الغطاء غير المنفذ للماء يغطى الجانب غير العميق كما هو موضح بالشكل رقم ٥١ ، ويتوفر التظليل من غشاء بولي استر يوضع على السلك العلوى ويثبت في السلكين السفليين بواسطة مشابك . ويسمح البولي استر بمرور الهواء كما أنه لا يتلف بتعرضه لأشعة الشمس القوية . ويتم خدمة النباتات بنزع البولي استر من السلك السفلي لإيجاد عمر بين النباتات .

وفي بعض المناطق مثل ساحل البحر المتوسط في ليبيا يقتضى تنفيذ التصميم الذى وصفناه خلال الصيف خصوصا لحماية النباتات من العواصف الرملية شديدة الحرارة التى تهب من الصحراء غير أن الجو خلال فصل الربيع والخريف يلائم نمو النبات ويمكن نزع الغطاء البولي استر وتخزينه لإستخدامه مرة أخرى . أما في الشتاء فدرجة الحرارة منخفضة نوعا ، وقد يحدث الصقيع في بعض السنوات ، ولذا يقتضى حماية النباتات بواسطة غشاء من البوليثين المملود فوق الأسلاك . وقد أشرنا إلى تسخين المحلول المغذى في تقنيات الغشاء المغذى أثناء الليل بواسطة الحرارة المخزونة بواسطة المسطحات الشمسية (الخلايا) وقد الماء بواسطة التتح سوف يقل نتيجة لتكثف البخار على السطح الداخلى للبولىثين . فإذا كان سطح البولىثين معالجا ليقال لجذبه السطحي ، فالماء المكثف يتدفق نازلا على سطحه إلى قنوات الغشاء المغذى ومنها إلى الخزان .

والأمل في زراعة إقتصادية في بعض مناطق العالم ذات الماء القليل والمناخ

القاسى هو فو إنشاء نظم منخفضة التكلفة مع أقل ما يمكن من وسائل الحماية صممت لحفظ الماء وتقلل الآثار الضارة لدرجات الحرارة شديدة الارتفاع .

زراعة الأشجار تحت ظروف غير ملائمة :

عند استزراع أشجار فى الأرض ذات قوام رملى ناعم سهل النقل بالرياح فى منطقة جافة مع استخدام نظام الرى بالرش يرشاش علوى فإن جنود الأشجار تكون سطحية ولا تثبت جيدا بالتربة . وفى حالة استخدام الرى بالتنقيط ، ويصعب فى هذه الحالة التحقق من أن منقط كل شجرة يقوم بوظيفته وليس مسدودا . أما فى حالة « جهاز » الغشاء المغذى فالرمال التى تنقلها الرياح سوف تتراكم بجوار القنوات (قنوات) الغشاء المغذى) ، وإذا كان تصميم القنوات جيدا فلن تملأ بالرمال بل تتحول تدريجيا إلى « قنوات » تحت الأرض » ويعمل خط الأشجار المزروعة — فى القنوات — على تجميع الرمل المنقول بالرياح فوق قنوات الغشاء ويزيد دفنها تحت الرمال وهو ما يزيد ثبات الأشجار . وتقلل القنوات كمصدر ماء تحت سطح الأرض يوفر الماء والمغذيات للأشجار . وعند امتلاء القنوات تماما بجذور الأشجار تنزغ بعض الجنود من أعلى القناة — إذا كان تصميمها صحيحا — وتبدأ فى النمو فى الرمل الخارجى ويصل إليها الماء بالخاصية الشعرية فيزداد ثباتها فى التربة .

كما تنمو الأشجار الصغيرة أيضا فى نظام الغشاء المغذى أفضل من نظم الزراعة المعتادة لتوفر الماء والمغذيات بصفة مستمرة وغير متغيرة وضمانها حتى تحت ظروف الحرارة والجفاف وسقى الرمال .

إذا لم يكن ممكنا زراعة الأشجار فى مواقعها الدائمة باستخدام نظام الغشاء المغذى ، فمن الممكن استخدام هذا النظام فى إكثار الأشجار — الشتلات — كوسيلة لتنميتها بعد زراعتها . ففى كثير من مناطق العالم حتى تلك التى تسقط عليها بعض أمطار قليلة ، لا تروى الأشجار بعد غرسها ، فهى تترك لتحسب أو

تموت ، فإذا كانت هذه الأشجار قد نمت قبل غرسها في صوبة ذات نظام الغشاء المغذى لأمكن التحكم في ظروف نمو الجذور ، أى أن الشجرة تُسمى منذ البداية تحت ظروف صعبة (غير ملائمة) فيعطىء نموها حتى تصبح نباتا قويا متخشا فتكون له فرصة أفضل في البقاء والنمو بعد الغرس . أما إذا نتج نبات سريع النمو طرى عصيرى فإن فرصة صموده تكون ضئيلة . وظروف النمو في نظام الغشاء المغذى تقتضى تنمية الأشجار في محلول ذى CF عال ، ويتبع ذلك نموا بطيئا قويا . وإذا عرف مقدما أن الشجرة سوف تتعرض لتركيزات عالية من الصوديوم والمغنسيوم فيمكن تنمية هذه الشجرة — مقدما — في نظام الغشاء المغذى مع استعمال محلول يحتوى تركيزات عالية من الصوديوم والمغنسيوم ، وبذا تتعود الشجرة على هذه الظروف قبل غرسها . وعلى وجه عام من الضروري أن يكون الاختلاف بين ظروف النمو بعد الغرس وقبله أقل ما يمكن لضمان نجاح النبات . وكلما إذا عرف أن الشجرة بعد غرسها سوف تعاني نقص الماء ، فمن الممكن تربية الشتلة في صوبة الغشاء المغذى مع تعويدها على أى درجة من درجات العطش .

وتدقق المحلول المغذى أما أن يكون بصفة مستمرة أو متقطعا . ويمكن وضع ساعة يضبط عليها أى درجة من تدفق المحلول وبالتالي أى درجة من تعطيش النباتات ، وبذا يمكن إنتاج نباتات تستطيع أن تعيش تحت أقل قدر ممكن من الماء الذى يمنع موتها .

والطرق المعتادة لإكثار الأشجار لا تعطى مجموعا جنريا يستطيع التعايش مع العطش الشديد ، فإذا كان إكثار الشجرة قد تم في وعاء — قصيرة — فإن المجموع الجنزى يكون محصورا في الوعاء ويصبح ملتويا حول نفسه ، ومثل هذا الجنزى لا يتلاءم سريعا بعد نقله إلى الأرض ولا يكون الجنذيرات والشعيرات الجذرية التى تنتشر في التربة بسرعة لتبحث عن الماء ، وإذا كانت الشتلة قد نمت في الأرض فعند نزعها تتمزق نسبة كبيرة من المجموع الجنزى وتترك بالتربة فمثل هذا النبات يعاني عند غرسه في الموقع الجديد من مجموع

جذرى صغير ، بينما تتميز النباتات التى تُغنى فى قنوات الغشاء المغذى « بمحصيرة » من المجموع الجذرى مكعبة الشكل ، ولا يكاد يفقد من الجذور شيء عند نقل النباتات من القنوات لغرسها بالتربة ، وثمة طريقتان لزراعة شتلات أشجار الغشاء المغذى ، الأولى أن تحفر فى تربة الحقل حفر ذات شكل يلائم مكعبات الجذور التى كانت بقنوات الغشاء ، وقد سبق وصف ذلك وأشرنا إلى أن هذه الطريقة تستخدم عندما تكون الرطوبة الأرضية مركزة فى الطبقة السطحية من التربة ، والثانية أن نحفر حفرة عميقة ضيقة ويوضع بها الجذر المكعب الشكل ثم يعاد ردم الحفرة بالتراب ، ويكون فى هذه الحالة جزء من المجموع الجذرى على عمق فى التربة حيث قد يوجد بها زيادة من الرطوبة الأرضية ، ويحدد عمق الحفرة بطول المجموع الجذرى ، وهذا يمكن زيادته فى نظام الغشاء المغذى بتوسع المسافة بين النباتات فى القنوات ، ولذا يمكن الحصول على جذور طويلة ، ولا يفقد من الجذور شيء عند نقل النباتات لأن الجذور — فى القنوات — لم تختلط وتشابك ببعضها .

وفى حالة إنتاج شتلات أشجار الغابات بطريقة الغشاء المغذى يزداد معدل نجاح الشتلات المقروسة فى الظروف غير الملائمة . كما أنه يمكن خفض العمالة اللازمة للإشراف على أشجار الغابة لإختصار العمليات إلى عمليتين بسيطتين هما غرس البادرات فى القنوات ونقلها بعد وصولها إلى الحجم المناسب ، فلا يوجد عمليات أخرى مثل الرى والتسميد بالصوبة لأن ذلك يتم ذاتيا (أوتوماتيكيا) كما لا يوجد مقاومة للحشائش أو عناية بالموقع حيث يمكن إعداده ليكون مستديما ، والأفضل إنشاؤه من الأسمت أو بدائل أخرى أرخص .

إنتاج المطاط والصمغ :

إذا صممت قنوات الغشاء المغذى بحيث لا تمتلئ بالتربة عندما تغطيها التربة — كما سبق أن وصفنا — يصبح من الممكن غرس أشجار المطاط فى

مواقعها الدائمة ، وعندما تملأ حصيرة الجنود القنوات تنمو بعض الجنود فوق سطح القنوات وتبدأ في شغل الأرض المحيطة بها وتستقر شجرة المطاط طبيعيا في التربة ولو أن بعض جنودها يظل في القنوات ، ويمكن أن يطلق عليها « المجموع الجنري المغذى » بينما الجزء من الجنود الذى ينمو بالأرض يمكن تسميته « بالمجموع الجنري المثبت » .

ويوفر المجموع الجنري المغذى للماء والعناصر الضرورية للتغذية عند أى مستوى نرغب فيه فهو نظام مغلق ، كما يمكن إضافة أية مواد أخرى نرغب في إضافتها بالتركيز المرغوب ، ومن هذه المواد التى قد نرغب في إضافتها الإيثيلين إذ المعروف عنه أنه يعمل على تشجيع تدفق الصمغ Latex فبإذابة الإيثيلين في دورة الماء في قنوات نظام الغشاء المغذى يصبح ممكنا ليس فقط أن نزيد انتاج الصمغ بل أن نزيد توقف تدفق الصمغ حسب رغبتنا . ويعتبر هذا المجال جديرا بالدراسة .

ويمكن الحصول على المطاط أيضا من نبات صحراوى اسمه جوايول *Helianthus* (*Parthenium argentatum*) Guayule وهو من قبيلة الهليانتوس tribe من العائلة المركبة *Compositac family* ، وبالنسبة إلى قصر هذه الشجرة التى لا يتعدى طولها نحو متر واحد ، فمن الممكن زراعتها في القنوات العادية لنظام الغشاء المغذى أى لا داعى للقنوات تحت الأرضية ، ويقدر محتوى شجيرة الجوايول من المطاط بنحو ١٠ - ٢٥٪ من وزنها ويحتوى المجموع الجنري نحو ثلث محتوى النبات من المطاط وميزة نظام الغشاء المغذى أنه يمكن حصاد جميع النبات نظيفا بما في ذلك الجنود حتى يمكن تصنيعها مباشرة . وتشمل عملية التصنيع الغلى والعصر والتنقية .

إنتاج مصادر الطاقة :

يتوقف إنتاج غاز الميثين (الغاز الطبيعى) من نواتج التحلل المواد النباتية على مداومة مد « غرفة الهضم » بكميات كبيرة من المواد القابلة للإنحلال

(بيوماس Biomass) ، ومن الضروري أن تنخفض تكلفة إنتاج البيوماس حتى يكون سعر الميثين معقولا ، ويحقق نظام الغشاء المغذى ذلك ، وقد أوضحنا في مكان آخر من هذه الصفحات دور انتاج الحاصلات بنظام الغشاء المغذى في فصل العناصر الغذائية من وسائل الصرف الصحي ، ويختلف نوع النبات الذي يستخدم في هذا الغرض باختلاف المناخ غير أنه دائما يكون نباتا سريع النمو طوال العام تحت ظروف جوية معروفة عند تنمته في نظام الغشاء المغذى في الهواء الطلق وهي نفس الظروف التي تؤدي إلى إنتاج غاز الميثين بأقل تكلفة ، ويستخدم سائل الصرف الصحي بالمرزعة في إنتاج البيوماس أساسيا للتخلص مما يسببه من تلوث البيئة واستخدامه لإنتاج الميثين يمكن اعتباره فضلا عن أن مزارع الصرف الصحي تكون عادة قرب التجمعات السكانية حيث يزداد الطلب على الغاز . وعلى ذلك فاستخدام نظام الغشاء المغذى لإنتاج الحاصلات في مزارع الصرف الصحي لتقليل تلوث البيئة الذي ينتج عن وسائل الصرف الصحي وفي نفس الوقت إنتاج الغاز الرخيص على نطاق واسع ليصبح ازديادها جيدا . ولو أن استخدام الغشاء المغذى لإنتاج البيوماس الذي ينتج الميثين لا يتوقف على مزارع الصرف الصحي .

ويعتبر إنتاج الجليسرول باستخدام الغشاء المغذى أمرا هاما . وقد اتضح من بعض الدراسات أن الألبى *Dunatiella parva* الذي ينمو في مياه شديدة المالحة (يوجد بماء البحر الميت) يحتوي نسبة عالية من الجليسرول تصل إلى نحو ٨٠٪ من وزنه الجاف ، ويرى كوبر أنه إذا كانت هذه الدراسات مؤكدة فإن إنتاج الجليسرول على نطاق واسع من الألبى لا يحتاج إلا إلى الماء الملحي وأرض صحراوية وأشعة الشمس وجهاز الغشاء المغذى ، ومعروف أن طريقة الغشاء المغذى توافق نمو الألبى وبذا يصبح إنتاجه أمرا سهلا .

وتستخدم قنوات عريضة مفتوحة يتدفق في قاعها غشاء من ماء يؤخذ من البحر ويعاد إليه أى أن الماء هنا لا يملأ من الخزان إلى القنوات ثم إلى الخزان وهكذا في نظام مغلق كما هي الحال في تقنيات الغشاء المغذى المعتادة ، وتوضع

في قاع قنوات المغذى حصيرة شعرية ذات شعيرات قوية ، تبنى « بنور » الألبى على الحصيرة الشعرية ، وعندما يتكاثر الألبى ويكون سمكا مناسباً من النمو ترفع الحصيرة الشعرية من القناة بواسطة تيار قوى من الماء ويدفع هذا التيار أغلب الألبى في أنبوبة حيث يكون معلق يوجه إلى حيث يتم معاملته وتصنيعه . وتعاد الحصيرة الشعرية مرة أخرى وعليها من الألبى ما يكفى لإعادة دورة النمو ذاتيا .

استخدام تقنيات الغشاء في تنقية الماء :

يوجد عدد من التطبيقات التي يمكن بها استخدام تقنيات الغشاء المغذى في تنقية الماء . وأحد هذه التطبيقات هي الزراعة السمكية *Fish farming* . فنواتج إخراج السمك في المزرعة السمكية تغنى الماء بالعناصر الغذائية . وبسبب قذارة الماء فإنه يكون من الضروري إحلاله بماء عذب جديد . وهذا يسبب مشكلة لأنه يقتضى التخلص من كمية كبيرة يوميا من مثل هذه المياه . فإذا أفرغنا هذا الماء بدون معالجة في النهر فإن زيادة تركيز العناصر في الماء تزيد مشكلة التلوث . ولحسن الحظ فإن درجة الـ pH المثلّي ودرجة حرارة الماء المثلّي لكثير من السمك مقبولة بالنسبة لتقنيات الغشاء المغذى . فلو مررنا هذا الماء الغنى بالعناصر الغذائية (ماء المزرعة السمكية) وسمحنا له بالتدفق خلال نظام الغشاء المغذى بمعدل ما بحيث يتدفق خارجا من النظام مرة واحدة — دون دوران — إلى المكان المهيأ للتخلص منه ، وإذا كانت المساحة واسعة بنظام الغشاء المغذى مناسبة فإن هذا الماء الذى يترك النظام يكون خاليا من معظم العناصر إذ يكون النبات قد امتصها . وبذلك يمكن إعادة استخدام هذا الماء مرة أخرى في المزرعة السمكية بدلا من تفريغها والتخلص منها .

ومن الدراسات التي قام بها Harman بالمثلثات عند استزراع الأعشاب *grass* بنظام الغشاء المغذى وجد أن نموها كان جيدا بإستخدام الماء المنصرف من مزرعة سمكية وأن إزالة العناصر من الماء بعد استخدامه في تنمية الأعشاب كان

بصورة مناسبة . وكان معدل التدفق للماء في قنوات الغشاء المغذى ٣ لتر في الدقيقة لكل قناة . ويوضح جدول رقم ٢٦ التحليل الكيميائي لماء هذه المزرعة .

جدول رقم ٢٦
تحليل مياه مزرعة سمك استعملت في تنمية العشب grass
بنظام الغشاء المغذى ($\text{pH} = 6.4 - 6.9$)

المكون	التركيز (جزء في المليون)
كالكسيوم	٢٢ - ٢٦
كلوريد	١٨ - ٢٥
نحاس	أقل من ٠.١ ر
حديد	٣ - ٦ ر
مغنسيوم	٣.٤ - ٧.١
نيتروجين	٦ - ٩ ر
فوسفور	٢ - ٥ ر
بوتاسيوم	٢.٥ - ٢.٨
سليكون	٣.٧ - ٤.٢
صوديوم	٩ - ١٠
زنك	أقل من ٠.١ ر

وتستخدم تقنيات الغشاء المغذى لتنقية سوائل الصرف الصحي . وهذه المعالجة تشبه أساسا حالة مياه المزرعة السمكية . ففي محطة الصرف الصحي تعامل المخلفات بطريقة تفصل المادة الصلبة (الحمأة) Sludge عن الجزء السائل Liquid effluent . ولحسن الحظ فإن كل العناصر الثقيلة ترسب وتفصل مع

المادة الصلبة Sludge . ويوضح جدول رقم ٢٧ تحليل السائل من محطة صرف في إنجلترا . ويلقى مقدار كبير من سوائل الصرف الصحي في البحار أو في الأنهار وهو ما يسبب مشكلة تلوثها . وقد أجريت محاولات في إنجلترا لإستخدام تقنيات الغشاء المغذى لإنتاج الأعشاب grasses لتقليل محتوى سوائل الصرف الصحي من العناصر قبل تفرغها والتخلص منها . كما قام Eion Scott بالولايات المتحدة الأمريكية بدراسات على إستخدام تقنيات الغشاء المغذى في تنقية سوائل الصرف الصحي من الشوائب العضوية .

جدول رقم ٢٧

تحليل سائل صرف صحي ($\text{pH} = 6.5$ ، $\text{CF} = 15 - 20$)

المكون	التركيز (جزء في المليون)
كالكسيوم	٤٠
كلوريد	٧٥ - ٤٠
مغنسيوم	١٥
نيتروجين	٤٥ - ١٦
فوسفور	٣,٣ - ٥,٥
بوتاسيوم	١٥
صوديوم	٨٠

وهدف معظم تطبيقات التنقية هو إزالة العناصر ، ولذا يقتضى وجود مزرعة للغشاء المغذى تنمو بها الحاصلات طول العام في الهواء المطلق بمعدل سريع كافٍ لإزالة العناصر من الماء المتدفق خلال النظام . كما يمكن في حالة الضرورة استخدام بعض المواد النباتية الناتجة لتوليد الميثان لتدفئة السائل الذى يدخل نظام الغشاء المغذى ، حتى نحصل على أعلى معدل نمو خلال الفترات الباردة .

وفي المناطق الجافة من العالم يقلب أن يكون الماء المتاح قليلا وملحيا أيضا .
وتحت هذه الظروف يحسن أن ترتبط محطة الصرف ومزرعة الغشاء المغذى .
فإذا وضع سائل الصرف الصحي خلال جهاز أو وحدة الأسموزية العكسية
reverse osmosis كما سبق وصف ذلك فالماء النافذ سوف يحتوى من
٥ - ١٠ ٪ من المواد المذابة في سائل الصرف الصحي . ويمكن استعماله في
نظام غشاء مغذى مقفل لإنتاج المحاصيل المطلوبة . وتحت هذه الظروف يقل
التلوث ويقل فقد الماء والعناصر الغذائية . أما المحلول المركز (في طريقة عكس
الاسموزية) فيوفر معظم العناصر المغذية المطلوبة . وتستبعد الميكروبات
المرضية بحيث يكون الماء النافذ والمحلول المركز خاليين منها . ومن الممكن في
هذه الظروف استخدام أصناف نباتية مقاومة للأملاح ذات غدد ملحية *Salt*
glands في نظام الغشاء المغذى لتقليل أثر ملحية المياه .

الباب السادس

مستقبل تقنيات الغشاء المغذى

— تقنيات الغشاء المغذى الأصلية

— الجيل الثانى من تقنيات الغشاء المغذى

مستقبل تقنيات الغشاء المغذى

تقنيات الغشاء المغذى الأصلية :

بالنسبة إلى حداثة تقنيات الغشاء المغذى فهي لذلك سريعة التطور ، وهذا يعنى أملا كبيرا في المستقبل . وتحتوى التقنيات الأصلية عددا من المعوقات التى قد تحول دون إنتشار استخدامها . إذ تحتاج إلى استثمارات كبيرة وخبرة بالعديد من التجهيزات ذات الصلة الوثيقة بفسولوجيا وتغذية النبات والكيمياء وتشغيل الأجهزة الألكترونية المعقدة ، لأنها تتطلب أن يتوفر لكل خزان جهاز لقياس رقم الـ pH وآخر لقياس التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى وجهاز لإمداد المحلول بالكميات اللازمة لضبط رقم الـ pH وتركيز المغذيات بالمحلول عند قيم ثابتة محددة .

وللاحتفاظ برقم الـ pH ثابتا في المحلول المغذى من الضرورى رصد تركيز الهيدروجين بهذا المحلول في الطريقة الأصلية لتقنيات الغشاء المغذى ، بمعنى أن الجساس (الالكتروود) الذى يقدر هذا التركيز يظل مغمورا بصفة دائمة في المحلول المغذى ، ويظل شغالا بصفة مستمرة . وأجهزة تقدير رقم الـ pH ذات حساسية شديدة لأى تغيرات حتى ولو لم تعمل باستمرار ، فالتقدير ، الصحيح لا يستمر طويلا ، كما أن الأقطاب (الالكتروودات) تحتاج إلى صيانة مستمرة يطلق عليها عملية التنظيم Buffering حتى تعطى قيما صحيحة باستمرار . وفي معظم الدول لا يستطيع الزراع تنفيذ عمليات صيانة أقطاب جهاز الـ pH ، ومعروف أن جميع الأجهزة معرضة لأعطال مختلفة وإصلاح هذه الأجهزة يحتاج إلى متخصصين وزيارات هؤلاء المتخصصين ليست مكلفة فقط ، بل تحتاج إلى وقت حتى تتم فيتعرض المحصول إلى متاعب غذائية حتى يتم إصلاح الأعطال . ومثل هذه الزيارات تكون عن طريق هيئات متخصصة ، وبالتالي فإن وجود وحدات الغشاء المغذى يرتبط بوجود هيئات الصيانة والإصلاح وهى ليست متوفرة في بعض الدول . ولذا إذا كنا نعمل

على إنتشار استخدام تقنيات الغشاء المغذى فى هذه الدول ، حيث لا توجد شركات الصيانة ، فمن الضرورى التخلص من مشكلة أجهزة الرصد والأمداد .

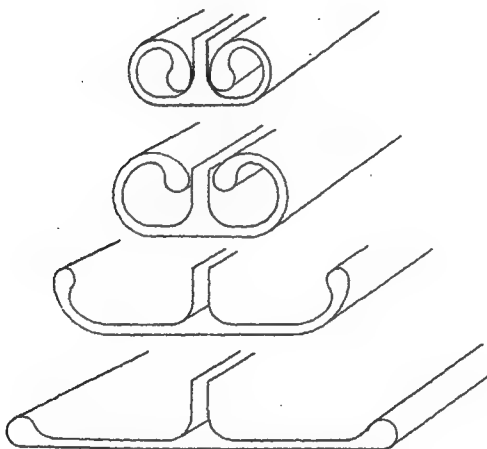
الجيل الثانى من تقنيات الغشاء المغذى :

الضرورى أن تكون تجهيزات هذا الجيل الثانى من تقنيات الغشاء غير مكلفة ، شديدة البساطة وسهلة التشغيل . والجهود التى بذلت ولا زالت تبذل فى تطوير هذه التقنيات ، والبحوث التى قاربت الاكتمال سوف تثمر تقدما هاما ، وهدف هذه الدراسات والبحوث هو تطوير التقنيات الأصلية للغشاء المغذى إلى جيل ثانٍ من هذه التقنيات يتميز بما أشرنا إليه من إنخفاض التكلفة والبساطة وسهولة التشغيل .

وأقترح للتخلص من مشكلة تغير رقم pH المحلول أن تنمى النباتات فى أوعية كبيرة من الورق المقوى مملئة بالمادة العضوية المنحلة Compost ثم نقل هذه الأوعية إلى القنوات ، وبالنسبة لحجم الأوعية الكبيرة فإن المحلول المتدفق يربطها ، ويظل رقم pH السماد حول جذور النبات ثابتا تقريبا . ويوجد عدد من الاعتراضات على هذه الوسيلة هى :

- ١- تكلفة زراعة النباتات فى أوعية كبيرة مملئة بالمادة العضوية عالية سواء فى الاستثمارات اللازمة لها أو أجر العمالة .
 - ٢- تعمل الأوعية الكبيرة كسلود فى القنوات مما يعوق التدفق. ويزيد عمق المحلول وهو أمر غير مرغوب .
 - ٣- كثير من الدول بالمناطق الجافة ونصف الجافة فقيرة فى السماد البلى .
 - ٤- عند تطبيق طريقة الغشاء المغذى فى الهواء الطلق (خارج الصوب) يكون استعمال الأوعية الكبيرة المملوءة بالسماد أمرا واضح الصعوبة .
- من أجل ذلك فاستخدام الأوعية الكبيرة أمر غير مقبول كحل لمشكلة

الطريقة الأصلية . ويرى كوبر Cooper أن حل هذه المشكلة في الجيل الثاني من تقنيات الغشاء المغلدى هو تصميم قنوات رخيصة ذات أشكال مختلفة وقابلة للتشغيل بحيث تكون ضيقة عندما يكون النبات صغيرا ويمكن زيادة عرضها كلما نما النبات . ولما كانت القنوات في أول الأمر شديدة الضيق فإن هذا الضيق يساعد على تدفق المحلول ليرطب الجذور مهما كان ميل مقطعها ومهما كان النبات صغيرا . وينمو النباتات يمكن توسيع عرض القناة حسب الرغبة .



شكل رقم (٥٢) - قنوات الغشاء المغلدى التي يمكن طيها طوليا

وفي تقنيات الغشاء المغذى الأولى نشأت مشكلة عندما أريد تقل هذه التقنيات إلى بلاد ذات مناخ أكثر دفئا ، فعندما تتعرض القنوات لأشعة الشمس ترتفع حرارة المحلول المغذى . وقد تم التغلب على هذه المشكلة في الجيل الثاني من تقنيات الغشاء المغذى بعمل قنوات يمكن لفها طوليا كما هو موضح في شكل رقم ٥٢ . ولما كانت اللفات الطولية تحتوى هواء فإنها تعمل كعازل يمنع ارتفاع حرارة المحلول . وعلى العكس في الأجواء الباردة ، حيث يحسن تدفئة المحلول المغذى ، فإن لفات القناة التي تعمل كعازل تقلل فقد الحرارة .

ويمكن صنع القناة ذات اللفتين الطوليتين من غشاء بوليئين رخيص . فاللفة المزدوجة لقناتين تجعل القناة شديدة الصلابة وبالتالي فإنها لا تتأثر بمنحنيات وتعرجات الأرض التي توضع فوقها وبذا تسهل وتقلل تكلفة إعداد موقع ذى إخمدر خالي من التعرجات وهو أمر هام في تقنية الغشاء المغذى ، ويمكن وضع القناة الملفوفة على سطح الأرض مباشرة دون الحاجة إلى إنشاء أو توفير قاعدة صلبة من المعدن أو البولي ستايرين .

والميزة الأساسية للقناة الملفوفة هي أنها قابلة للتشكيل وتضمن أن المحلول يتدفق في وسطها كما أنها عازل جيد وذات صلابة مناسبة .

- ومن الناحية النظرية يعتبر الحصول على أنبوبة ملفوفة أمرا بسيطا غير أن تنفيذه أمر صعب ، فوضع قطعة من البوليئين ذات عرض ٧٥ سم وطول ٣٠,٥ م على الأرض وبالوقوف عند أحد الطرفين ومحاولة لف هذه الصفحة الطويلة الضيقة من كلا الجانبين في نفس الوقت لتشكيل قناة ملفوفة عرضها ٥ سم وطولها ٣٠,٥ م ليس أمرا سهلا . وحتى إذا تم ذلك بنجاح فإن لف العديد من هذه القنوات بالسرعة الملائمة لخفض التكلفة ومع التأكد من أن قطر القنوات ثابت دائما أمرا صعب . وثمة سؤال يتبادر إلى الذهن ، إذا أمكن تنفيذ ذلك فكيف نتأكد أن القناة الناتجة ملائمة ؟

وقد قامت شركة Ariel Industries Ltd ، وهي مجموعة شركات انجليزية

حيث يتوفر لديها العديد من المنتجات ، بتصميم آلة للفت القنوت وقامت بتسجيل القناة الملقوفة ، وبالتالي فإن أحد مكونات الجيل الثاني من تقنيات الغشاء المغذى أصبح متاحا على المستوى التجارى .

وفي نفس الوقت قامت شركة Hook Lane, Nutrient Film tech. Ltd. مع Alding bourne, Chichester, England باختبارات عن إمكان الاستغناء عن أجهزة الرصد والتغذية المعقدة المستخدمة في الجيل الأول من تقنيات الغشاء المغذى وذلك أيضا على نطاق تجارى واسع ، وهذا التبسيط هو أحد متطلبات الجيل الثاني من هذه التقنيات . وبالنسبة لعدم الثقة في استمرار التيار الكهربائى أو عدم وجود الطاقة الكهربائية في بعض الأماكن ببعض الدول النامية فإن التبسيط قد سار شوطا آخر وأمكن صنع تجهيزات الغشاء المغذى من الجيل الثاني لا تحتاج إلى طاقة كهربائية . وترجع أفكار الجيل الثاني للعمل للرائد لرئيس شركة أرييل Ariel Industries ، وأساس تحقيق هذه الأفكار هو تقسيم تقنيات الغشاء المغذى إلى قسمين :

أولاً : العمل الحقلى اليومى ذو الصلة بالعناية بالنباتات وهو مسؤولية الزارع الأولى الذى أمكن تحقيقه بوجود مركز صغير كامل التجهيزات .

ثانياً : العمل التكنولوجى المتصل بقياس وضبط pH المحلول وتركيزه ، وهذا القسم فى الجيل الثانى من تقنيات الغشاء المغذى أصبح مسؤولية مركز متخصص وأصبح دور الزارع مبسطا حاليا خاليا من أية تعقيدات .

أمكن التوصل إلى هذا التقسيم بالدراسة المستمرة لأرقام التحليل الكيميائى الأسبوعى للمحلول المغذى وحساب علاقة هذه الأرقام مع أشعة الشمس وطور نمو النبات ودرجات حرارة المحلول والهواء ، والرطوبة النسبية السائدة ومن كل ذلك أمكن تحديد الاحتياجات الغذائية بالنسبة لأهم النباتات التى تنمى باستخدام هذه التقنيات وأمكن تحضير مخلوط الأملاح اللازمة لمدة سبعة أيام قادمة . وقامت شركة إرييل Ariel Industries بتعبئة هذه الكميات من

مخاليط الأملاح في حقائب بلاستيكية مقفلة وتحتوى عددا من الخلطات ويكفى محتوى كل حقيبة لرفع التوصيل الكهربائي للمحلول المغذى درجة واحدة حسب نوع المحصول والمساحة .

وتحول العمل الروتينى لتقنيات الغشاء المغذى جنريا عما كان أصلا ، إذ يقوم المركز التكنولوجى بشحن العدد اللازم من حقائب المخاليط كل سبعة أيام وما على الزارع إلا أن يضع عينه من المحلول المغذى كل يوم في مقياس محمول باليد يوضح مباشرة عدد الحقائب اللازمة . ويذاب هذا العدد في وعاء به ماء يترك لينقطع يبطئ طوال اليوم في أنبوبة استقبال المحلول الراجع في نظام الغشاء المغذى . ويتم العملية جميعها في بضعة دقائق وتكلفة التجهيزات شديدة الانخفاض ولا تحتاج لأى صيانة . وكذا يضاف الحامض إلى المحلول المغذى للمحافظة على pH ثابت بنفس الطريقة ، وبذا يحصل النبات على حاجته لمدة سبعة أيام . ويتم ذلك — كما أشرنا — باستخدام تجهيزات حديثة للتحليل والحساب في المركز التكنولوجى ، ويتم التعبئة في مركز الامدادات باستخدام آلات حديثة وبذلك لا يضطر الزارع الصغير إلى أن يمارس أعمال الاختصاصى في الفسيولوجيا والكيمياء والمهندسة بل عليه أن يركز اهتمامه للعناية بالنباتات . أما الزارع الكبير فهو قادر على أن يوفر لنفسه هؤلاء الاختصاصيين ، وفكرة الجيل الثانى من تقنيات الغشاء المغذى أن توفر للزارع الصغير في الدول النامية أكثر المزايا التى لا يستفيد منها — حتى الآن — إلا الزارع الكبير في الدول المتقدمة . ولنضرب مثلا لتوضيح هذه النقطة بمنطقة الميريا Almeria بأسبانيا الواقعة على البحر الأبيض المتوسط والتى تتمتع بأفضل مناخ لإنتاج الحاصلات مبكرا بأوروبا ، وهى المنطقة الوحيدة في أوروبا الخالية من الصقيع وشتاؤها مشمس وبها ماء غزير جيد غير أنها لا تحتوى أرضا ، وبالرغم من ذلك ولزايها الأخرى الكثيرة فيها مساحة شاسعة تبلغ نحو ١١ ألف هكتار من الحاصلات في صوب بلاستيكية والأرض في هذه الصوب أغلبها مغطى برمل مستورد وتكافح العائلات المتوسطة لتنتج الحاصلات ، وإدخال الجيل

الثاني من تقنيات الغشاء المغذى في هذه المنطقة المزدهجة بالزراعة المحمية عن طريق مركز تكنولوجيا يزيل الأثر السيء الناتج عن ندرة التربة ويمنح العائلات الكثير من المزايا التي يتمتع بها الزارع الكبير ويحقق لألميريا أن تصير المورد الأساسي للحاصلات الممتازة خلال الشتاء وأوائل الصيف لباقي أوروبا . ومن أجل ذلك أقامت Ariel Industries بالاتفاق مع Nutrient Film Tech. محطة للتجارب والإنتاج في الميريا Almeria كما هي الحال في Sussex بالإنجلترا .

ومراكز التكنولوجيا كما وصفناها يجب أن يكون لديها أكثر طرق إنتاج الحاصلات كفاءة وأحدث المعلومات لتخدم الزراع . ولتحقيق هذا الهدف فإن Ariel Industries قد استثمرت نحو ٢ مليون جنيه إنجليزي حتى الآن في دراسة وتطوير تقنيات الغشاء المغذى . ولما كان العديد من الدول النامية فقيرا في التربة الخصبة والماء الجيد والخبرة فإن الجيل الثاني من تقنيات الغشاء المغذى يمكنه التغلب على هذه المعوقات كما أن استمرار الرخاء الاقتصادي في الدول المتقدمة يعتمد على خلق قوة شرائية مناسبة في الدول النامية ويستطيع الجيل الثاني من تقنيات الغشاء المغذى أن يساهم مساهمة فعالة في كل ذلك .

المراجع

أولاً : المراجع العربية

- ١- ابراهيم ، وعاطف أحمد : مشاتل اكنار المحاصيل البستانية .
منشأة المعارف ، الاسكندرية ١٩٨٧ ، جمهورية مصر العربية .
- ٢- الكتاني ، فيصل رشيد : زراعة الأنسجة والخلايا النباتية .
دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل ١٩٨٧ ، العراق .
- ٣- بلبح ، عبد المنعم : خصوبة الأرض والتسميد .
دار المطبوعات الجديدة ، الاسكندرية ، جمهورية مصر العربية .
- ٤- بلبح ، عبد المنعم ، علي بلبح ، ماهر جورجى ، سيد خليل ، حميدة
السعيد : الزراعة المحمية .
دار المطبوعات الجديدة ، الاسكندرية ١٩٨٩ ، جمهورية مصر
العربية .
- ٥- حسن ، أحمد عبد المنعم ، أساسيات إنتاج الخضار وتكنولوجيا الزراعات
المكشوفة والمحمية « الصويات » .
الدار العربية للنشر والتوزيع ، ١٩٨٨ ، جمهورية مصر العربية .
- ٦- سمير نوف ومورافين : الكيمياء الزراعية .
دار مير للطباعة والنشر ، ١٩٨١ ، موسكو .
- ٧- مجلة الزراعة العربية ، موضوعات متفرقة .
- ٨- ابراهيم حبيب ، سمير عبد الوهاب والشرينى عبد الرحمن :
الزراعة المحمية — جامعة القاهرة ، التعليم المفتوح ، ١٩٩٣ .

ثانياً : المراجع الأجنبية

References :

- 1- Cooper, A. 1982. Nutrient film Technique. Grower Books, London.
- 2- Phillips, A.H., 1941, Gardening without soil C.ARTHUR PEARSON LTD. Southampton street, London. W.C.2.
- 3- Y.A. Godin B.A. 1984, Agricultural chemistry, Translated from the Russian edition (1982), Mir Publishers, Moscow.
- 4- Nonomura, A.M. and A.A. Benson, 1992, the path of carbon in photosynthesis : Improved crop yields with methanol. Proc. Natl. Acad. Sci. USA Vol 89 : 9794-9798, 1992.

رقم الإيداع ٤٣٥٨ / ١٩٩٥
الترقيم الدولي I.S.B.N. 977-03-0005-0

مركز الدلتا للطباعة
٢٤ شارع الدلتا - اسبورتج
تليفون : ٥٩٥١٩٢٣

